كتاب

النقش في الحجر

الجزء الثالث

في

الطبيعيات

طبع في المطبعة الادبية في بيروت
سنة ١٨٨٦

طُبِع بالرخصة الرسميّة من نظارة المعارف
الجليلة في الاستانة العلية

نمرو ٨٣٤ تاريخ ١٠ ربيع الاول
سنة ٣٠٣

الفصل الاول

حدود

(١) مدار علم الطبيعيات

ذُكِر في الجزء الثاني ان مدار علم الكيميا هو المادة والاجسام من حيثية كونها بسيطة او مركبة وغرضهُ اعادة كل جسم مركَّب الى المواد التي تركب منها وكل مادة الى العناصر التي تالفت منها وذلك قسمٌ كبير من علم الطبيعة غير انهُ في الاصطلاح قد تخصص هذا الاسم للعلم الذي يبحث عن حال الاجسام من حيثية الحركة والسكون فالكيماوي يطلب معرفة تركيب الهواء والماء وغيرهما من المواد التي تقع تحت نظرهِ ولا يهمهُ كونها ساكنة او متحركة . واما الطبيعي فلا يهمهُ كون الماء والهواء وسائر المواد والاجسام مركَّبة او بسيطة بل انما يبحث عن احوالها وافعالها وخصائصها من حيثية كونها ساكنة او متحركة . اي يبحث عن احوال الاجسام لا عن تراكيبها . وكون الجسم ساكنًا او متحركًا امرٌ كلي الاعتبار أَماترى ان القنبلة المرمية على الارض باردة ثقيلة

وإذا أُلقيت في النار قليلاً لا تتغير مادتها ولكنك لا تستطيع مسها لئلاَّ تحترق وإذا اطلقتها من مدفعٍ تكتسب سرعةً عظيمة تهدم وتخرب ما تصيبهُ اي بين القنبلة الباردة والقنبلة الحامية فرق جزيل وبين القنبلة الساكنة والقنبلة المتحركة تفاوت كلي مع ان مادتها في الحالتين هي هي لم تتغير بل تغيرت حالتها فقط

اذا رأيت انساناً تغيَّر حالهُ من البسط والانشراح الى الحزن والغم يخطر لك ببالٍ ان تسأل عن علة ذلك التغير وسببهِ وإذا رأى الطبيعي المادَّة غير الحيَّة تغيَّرت احوالها كانت ساكنة فتحركت او كانت متحركة فسكنت سأل عن علَّة ذلك التغيُّر وسببهِ وقد رايت في الجزء الاستفتاحي وفي الجزء الثاني اي علم الكيميا انهُ لا يسوغ التعليل عن امرٍ بغير برهان ولا يُعدُّ برهاناً ما لم يثبتهُ الامتحان والطبيعي خاضع لهذا القانون كل الخضوع ولا يتقدم في معرفة علمهِ الاَّ بالتجربة والامتحان

(٢) الحركة

الحركة هي الانتقال من حيّز الى آخر مثل حركة الارض حول الشمس مرةً في كل سنة وبما ان كل الاجسام والمواد الارضيَّة تُحمَل معاً بواسطة حركة الارض فهي باعتبار تلك الحركة كانها ساكنة بنسبة بعضها الى بعض مثال ذلك بيوتنا وجبالنا تحملها الارض معها حول الشمس وهي متحركة بحركة

الارض ولكنها ثابتة بنسبة بعضها الى بعض اي المسافة بين بيتي وبيت جاري لم تتغير بدوراننا معًا حول الشمس فلنترك البحث عن تلك الحركة . وان جلست على كرسي في بيتي اقول اني ساكن غير متحرك ولو كنت محمولاً مع الارض متحركًا معها

ثم ان قمت امشي يصح ان يقال اني متحرك غير انهُ لاجل ادراك تلك الحركة يقتضي معرفة عدَّة امور منها الجهة اي الخط الذي انا ماشٍ عليهِ اهو مستقيم او منحنٍ وان كان منحنيًا فعلى ايَّة هيئة من الخطوط المنحنية اي هليلجيَّة او دائرة او شلجميَّة او هذلوليَّة او غير قانونية . ومنها سرعة الحركة اى كم من المسافة اقطع في وقت مفروض وهذا الامر الاخير اي السرعة كلي الاعتبار من جهة معرفة حركة جسم . فان مشيت على طريق مستقيمة ساعةً وعند نهاية الساعة قطعت ميلين وعند نهاية الساعة الثانية انتهيت الى اربعة اميال تكون سرعة المشي ميلين كل ساعة واذا رايت لمعة نار مدفع على بعد ٦٧٥٠ قدمًا ثم بعد ست ثوانٍ سمعت صوت المدفع اقول $\frac{٦٧٥٠}{٦}$ = ١١٢٥ اي سرعة الصوت ١١٢٥ قدمًا في الثانية

هذا اذا بقيت السرعة على ما هي لم تتغير اي اذا كانت الحركة متساوية

ثم لنفرض باخرةً جارية بسرعة عشرة اميال كل ساعة دخلت مرفاء فقبلما تلقي مرسيها نقطع البخار عن آلتها وياخذ

سيرها يبطو تدريجًا حتى تقف تمامًا وهذا مثال للحركة المتباطية فمعنى قولنا انها جارية بسرعة عشرة اميال كل ساعة هو انها لو بقيت ماشية على ذلك السير ساعة لفاتت المرفاء عشرة اميال

اذا سقط جسم الى الارض من علو يمرّ على ١٦ ١/١٢ قدمًا في الثانية الاولى من سقوطهِ وعلى اكثر من ذلك في الثانيه الثانية وعلى اكثر في الثالثة وهذا مثال للحركة المتسارعة ولو بقي على حركة الثانية الاولى لقيل ان سرعتهُ ١٦ ١/١٢ قدمًا في الثانية

يعبّر عن سرعة الحركة على طرق مختلفة حسب ما اصطلحت عليهِ العادة فيعبّر عن سرعة باخرة او قطار او عربة بكذا او كذا اميال في الساعة ويعبّر عن سرعة قنبلة مدفع بكذا اوكذا اقدام او امتار في الثانية وكذلك يعبّر عن سقوط جسم نحو الارض بكذا او كذا اقدام او امتار في الثانية

(٢) القوة الفاعلة

الجسم الساكن لا يتحرك بدون محرّكٍ يحركهُ والجسم المتحرك لا يسكن بدون مسكّن يسكنهُ ونسمي المحرّك الساكنَ والمسكّن المتحركَ قوةً فاعلة او للاختصار قوةً وكل واحدة منهما مضادّة للاخرى واذا اقتضت قوة شديدة لاجل تحريك جسم تقتضي قوة شديدة مضادة لتسكينهِ وما كان تحريكهُ سهلاً كان توقيفهُ وتسكينهُ سهلاً مثال ذلك انك تحرك ليمونة بضربة كفك وتستلقيها وتسكنها

ايضًا بكفك واما الباخرة فتحريكها يستلزم قوةً عظيمة وتسكينها يستلزم قوةً عظيمة مضادّة للاولى فالسهل تحريكهُ سهل تسكينهُ والعسر تحريكهُ عسر تسكينهُ وترى من ذلك ان القوة فاعلة عند ما تسكّن حركة كما هي فاعلة عندما تحدث حركةً والنتيجة ان كل ما يغيّر حال جسم من سكون الى حركة او من حركة الى سكون فهو قوة فاعلة او للاختصار قوة

العملية الاولى . لاجل اثبات ما تقدم ذكرهُ وإيضاح ذلك ضع عدة حبوب حمص او ما يشبههُ في صحن وامسكهُ بيدك اليمنى ومد ذراعك اليسرى فوق اليمنى ثم اخفض اليمنى نحو قدم ويدك ممسكة بالصحن ثم انهضها بسرعة حتى تصدم اليسرى الممدودة فوقها فتكون قد انهضت الصحن الحامل الحبوب بسرعة ثم سكنتهُ فجأةً . اما الحبوب فحرّة لم تصدّ الصدمة حركتها الصاعدة وعند وقوف الصحن تستمرّ صاعدةً حتى تغلب جاذبية الارض حركتها بالصعود فيقع بعضها الى الارض و بعضها الى الصحن

استفدنا من هذه العملية ان تسكين جسم متحرك يستلزم قوةً اذ راينا الحبوب استمرت صاعدةً لان صدمة الذراع اليمنى باليسرى لم توقف حركتها فاستمرت متحركة حتى غلبت الجاذبية حركتها

العملية الثانية . ثم أَعد الحبوب الى الصحن وامسكهُ باليد اليمنى كما في الاول ولكن اخفض ذراعك بسرعةٍ فينخفض

الصحن على سرعة انخفاضها واما الحبوب فحرة ولا تلحق حركة الصحن السريعة بالحال بل تتأخر عنهُ قليلاً فتسقط الى الارض او تدرك الصحن بعد وقوفهِ

استفدنا من هذه العملية ان جسماً ساكناً يستلزم قوةً لتحريكهِ لانهُ لما نزل الصحن لم تنزل معهُ الحبوب حتى فعلت بها الجاذبية فتاخرت عنهُ قليلاً ولولا الجاذبية لبقيت موضعها

تعلمنا مما تقدم ان القوة الفاعلة تفعل احد فعلين اي تحرك جسماً ساكناً او تسكّن جسماً متحركاً غير انهُ كثيراً ما نرى القوة الفاعلة لا تفعل مع كونها موجودة حاضرة وذلك ليس لانها ملغاة بل لان قوةً اخرى مضادّة توازنها . مثال ذلك اذا امسكت كتاباً بيدك لا يقع الى الارض مع ان الجاذبية فاعلة بهِ ولكن قوة يدك المضادة تمنع سقوطهُ اذ توازن فعل الجاذبية واذا رخيتهُ سقط بالحال ومثل ذلك اذا وُضِع على مائدةٍ . اي قوة المائدة المضادة الجاذبية تمنع سقوطهُ الى الارض فلك القوتان احداها الوزن او الجاذبية والثانية الماضة قوة المائدة او اليد . والحجر الموضوع بقرب حافة شاهق لا يسقط لان الارض تحتهُ تقاوم فعل الجاذبية واذا ادنيتهُ الى الحافة بحيث لا تسندهُ الارض هبط بالسرعة فترى ان القوة الفاعلة هي التي تغيّر حال جسم من سكون الى حركة او عكسهُ ولكن كثيراً ما تمنع فعلها قوةٌ اخرى مضادّة لها فلا تأتي بنتيجة

الفصل الثاني

في القوات الطبيعية العظمى

(٤) الجاذبيّة او القوة الجاذبة . انظر الجزء الاول نمره ٣٢

قدعرفنامعنى لفظة قوةفي اصطلاح علماء الطبيعة و يقتضي بعد ذلك ان نبحث عن القوات التي تفعل بنا و بسائر الاجسام وعلى أية كيفية تفعل وما هي فوائدها واضرارها . ومن اشهر تلك القوات واوسعها فعلاً جاذبية الارض اي تلك القوة التي تجعل كل جسم ارتفع عن سطح الارض ان يسقط نحو مركزها ونسمي الجهة التي يسقط جسمٌ ساقطٌ اليها اسفل اوتحتًا وعكسها اعلى اوفوقًا وكل صعود الى الاعلى عسر لانهُ ضد فعل جاذبية الارض ومقاوم لها وكل هبوط الى الاسفل سهل لانهُ يوافق فعل جاذبية الارض ويطاوعهُ

وقد عرفت مما ذُكر في الجزء الاول ان جاذبية الارض للاجسام على سطحهِ سُمِّيت ايضًا جاذبية الثقل او الوزن وهي علة الثقل او الوزن وهي فاعلة على الدوام بلا انقطاع وتجذب كل ما ارتفع عن سطح الارض وكل ما هو على سطحها نحو مركزها واذا ما

سقطنا الى سطح الارض فلان ارض المحل الذي نحن فيهِ او ما نحن جالسون او راكبون عليهِ يمنع ذلك اي قوة تضاد قوة ولو لم تكن الارض نفسها جامدة لسقطنا الى مركزها اذا وقفنا على سطحها بدون شيء يمسكنا كما ان الذي يحاول المشي على الماء يهبط نحو مركز الارض لان الماء ليس بكافٍ لمقاومة قوة الجاذبية لسهولة حركة دقائقهِ بعضها على بعض وهذا النوع من الجاذبية يفعل على ابعاد محسوسة اي لا يستلزم ان يكون الجسم ملامس الارض او قريبًا اليها

(٥) جاذبيَّة الالتصاق

هذا النوع يمتاز عما ذُكر بكونهِ واقعًا بين دقائق مادَّة واحدة على بعدٍ غير محسوس وقد تكون شديدة وقد تكون ضعيفة مثال الشديدة الجاذبية الواقعة بين دقائق حجر او دقائق قطعة حديد او سلك حديد او نحاس فانهُ يعسر فسخ تلك الدقائق بعضها عن بعض كما يظهر اذا حاولت كسر حجر او حديد او فصم سلك حديد او خيط متين ومثال الضعيفة الجاذبية الواقعة بين دقائق قطعة خبز او قطعة لحم او سيال كالماء فان فصل دقائق هذه المواد بعضها عن بعض سهل جدًّا ومتى انفصلت انغلبت جاذبية الالتصاق بين دقائقها ولا تعود الاَّ في السائلات والمائعات لان هذه الجاذبية كما تقدم لا تفعل الاَّ على ابعاد غير محسوسة اما

الجاذبية العامة ففعلها واصل الى القمر وهو على بعد ٢٤٠٠٠٠ ميل عن الارض

ومن خصائص جاذبية الالتصاق انها تجعل للاجسام هيئة كروية اذا كانت دقائقها سهلة الحركة بعضها على بعض كما سيأتي في الكلام عن المائعات فترى قطرات الماء على الهيئة الكروية في الندى والمطر

(٦) الجاذبية الكيماويَّة او الكيميَّة او الالفة الكيمية (انظر الجزء الاول صحيفة ١٠٥)

جاذبية الالتصاق واقعة بين دقائق مادة واحدة مركبة كانت او بسيطة مثل دقائق الحديد والنحاس والماء الخ اما الجاذبية الكيمية فبين مواد مختلفة وقد ذُكرت لها امثلة كثيرة في الجزء الثاني منها ما قيل عن اتحاد غاز الاكسجين مع الفحم اذا اشتعل حتى يتكوَّن غاز الحامض الكربونيك اعني بين الفحم اي الكربون والاكسجين الفةٌ وكل واحد منهما يجذب الآخر لنفسهِ فيتحدان ويتكوَّن من اتحادهما مادة أُخرى جديدة مختلفة عن عنصريها ولا شك يخطر لك ببال امثلة كثيرة لهذا النوع من الجاذبية

(٧) فعل هذه القوات وفوائدها

ربما يشتهي الحامل حملاً ثقيلاً ان يبطل فعل الجاذبية او

يطلب عدم وجودها والصاعد في جبلٍ يتشكى منها قائلاً لولاها لصعدت هذا الجبل بسهولةٍ دون تعب ولا مشقة. ذلك صحيح. وكذلك لو قفز قفزة عن سطح الارض لما رجع اليها لولا الجاذبية ولما ثبت شيء على سطح الارض. نعم يُفقد الوزن والثقل وينهض اكبر الاجسام بسهولةٍ . واذا بقيت الارض على دورانها اليومي وفقدت الجاذبية دقيقةً واحدة خرب كل ماهو على سطح البسيطة وطارت الاجسام ونحن معها في الجو ولولا الجاذبية لما ثبت القمر في فلكه بل طار تائهاً ولم تثبت الارض في فلكها ودورانها حول الشمس بل طارت لا نعلم الى اين تائهة بين النجوم والافلاك

اما جاذبية الالتصاق فلولاها لانحلّت كل الاجسام غباراً وما التصقت دقائقها بعضها ببعض وصارت الاخشاب والحديد وكل المعادن والبيوت والابنية المشيدة والاثاث واجسادنا ايضاً هباءً منثوراً لعدم وجود تلك القوة التي تجعل دقائق المواد ملتصقة حتى يصير لها قوامٌ وثبوت

ولولا الجاذبية الكيمية لما تركبت مادّة مع اخرى ولا تكوّن ماءٌ ولا نارٌ وما وُجد الّا عدة عناصر منفصلة جوامد وغازات ولما تكوّنت اجسادنا لانها مركبة من عناصر اتحدت بالجاذبية الكيمية ولو انحلت تلك الجاذبية وفقدت لانحلت اجسادنا وسقط بعضها اتربةً وطار بعضها غازاتٍ

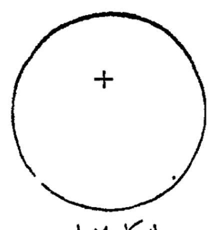
الفصل الثالث

في فعل الجاذبية

(٨) مركز الثقل

قد تعلمت من الجزء الاستفتاحي معنى الوزن والثقل وذُكرت في الفصل السابق القوة الجاذبة او الجاذبية العامة بين القوات الطبيعية العظيمة فلنبحث قليلاً عن كيفية فعلها

العمليةُ الثالثة خذ . قرصًا من التنك اومن التوتيا اومن لوح خشب على غلاظة واحدة في كل اجزائهِ واثقبهُ في مركزهِ ثم علقهُ على دبوس او مسمار نافذ في ذلك الثقب وارسم عليهِ علامة كما في الشكل الاول فترى القرص



اسكل الاول

يهدأ على المسمار كيفما وضعتهُ اي ان وضعتهُ بحيث تكون العلامة فوق المسمار او تحتهُ او على احد جانبيهِ . ثم الصق موضع العلامة خردقة بواسطة قطعة صغيرة من الشمع فترى ان القرص لا يعود يهدأ على المسمار الّا اذا كانت الخردقة تحت المركز تمامًا حتى اذا رسمت خطًّا مستقيمًا من المركز الى وسط ملزق الخردقة يكون ذلك الخط عموديًّا على سطح الارض اي لو أُخرج على استقامتهِ

لا تنتهي الى مركز الارض تماماً . والتعليل عن الحالين هو انهُ في الحالة الاولى تكون جميع اقسام القرص حول المركز على وزنٍ واحدٍ والارض اذ ذاك تجذب جميع الاقسام على سواء اي بقوةٍ واحدةٍ فيهدأُ القرص كيفما وضعتهُ . واما في الحالة الثانية فصار القسم الذي فيهِ الخردقة اثقل وزناً من سائر اقسام القرص اي فيه مادة اكثر فتجذبهُ الارض بقوةٍ اشدّ كما تعلمت من الجزء الاول اي ان جاذبية الارض للاجسام هي بالنسبة الى مقدار مادتها اعني كلما كانت المادة اكثر كانت الجاذبية لها اقوى (انظر الجزء الاستفتاحي نمره ٣٢ فصاعداً)

ثم خذ قطعة من لوح تنك او حديد او خشب شكلهُ غير منتظم اعني بعض اضلاعهِ اطول من البعض كما في الشكل الثاني وعلقهُ بخيط من الزاوية ا وبعد ما يستقر ارسم عليهِ خطاً مستقيماً على استقامة الخيط فيكون عمودياً على سطح الارض وليكن ا م ثم علقهُ من

الشكل الثاني

الزاوية ب وارسم خطًا مستقيمًا على استقامة ا الخيط فهو ايضاً عمودي على سطح الارض وليكن ب م فترى الخطين يتقاطعان في النقطة م وهكذا ان علقت اللوح من اي قسمٍ كان من محيطهِ ورسمت خطًا على استقامة خيط تعليقهِ اي عموديًا على سطح الارض تتقاطع تلك الخطوط في النقطة م وتلك النقطة تكون ابدًا تحت نقطة التعليق عموديًا وان علقتهُ من تلك النقطة يهدأ على اي وضعٍ وضعتهُ عليهِ مثل القرص في العملية الاولى كأنّ كل وزنهِ مجتمع في النقطة م وتلك النقطة نسميها مركز الثقل واذا عُلّق جسمٌ من اي شكلٍ كان بنقطة منهُ يستقرّ على الوضع الذي فيهِ يكون مركز ثقلهِ اوطأ ما يمكن

(٩) اذا أُوصل بين جسمين غير متساويين بقضيب كما في الشكل الثالث يكون مركز الثقل اقرب الى اكبرهما واذا سندت القضيب على تلك النقطة اي نقطة ر يتوازن

ا ر د

الشكل الثالث

الجسمان لان الجاذبية فاعلة بالسواء عليهما لكون مقدار المادة على الجانب الواحد من تلك النقطة يعدل ما على الجانب الآخر منها وهذا هو مبدأ اصطناع القبان كما هو واضح لاقل تامل والميزان ايضًا على هذا المبدأ اي مقدار المادة على الجانب الواحد من مسمار القب يعدل المقدار الذي على الجانب الآخر منهُ

فيكون مركز الثقل متوسطًا بين الكفتين واذا زاد العيار في كفة واحدة نُقل مركز الثقل نحو تلك الكفة وهو يطلب الموضع الاوطأ حتى يقع عموديًا تحت نقطة التعليق فتهبط تلك الكفة ولولا اصابتها الارض او ما وُضع الميزان عليهِ لهبطت حتى تقع عموديَّة تحت المسمار

العملية الرابعة . خذ ميزانًا مضبوطًا اي كفتاهُ متوازنتان حتي يبقى قبُّهُ مستعرضًا اذا تُرِك لنفسهِ لتساوي مقدار المادة على جانبي المسمار وتساوي الجاذبية للجانبين فيكون مركز ثقل الميزان نقطة استناد المسمار على القفيز او على العمود ثم ضع في احدى كفتيهِ حجرًا فيُنقَل مركز الثقل نحو ذلك الجانب وتهبط تلك الكفة ثم ضع في الكفة الاخرى عيارًا حديديًّا فاذا كانت مادتهُ اكثر من مادة الحجر يُنقَل مركز الثقل الى جانبهِ فتهبط تلك الكفة وإن كان مادة العيار مساويًا لمادة الحجر يعود مركز الثقل للنقطة الوسطى اي نقطة استناد المسمار فتعود الموازنة واذا كان وزن العيار رطلاً نقول ان وزن الحجر رطل اي مقدار المادة فيهِ يوازن مقدار مادة في رطل من حديد فتجذبهما الارض على السواء

الفصل الرابع

احوال الهيولى الثلاثة

٠ (١٠) (انظر الجزء الاول نمره ٥٠)

قد ذكرنا آنفًا بعض فوائد القوى الطبيعية اي انهُ لولا الجاذبية العامة لماثبت الكون الكائن ولولا جاذبية الالتصاق لما بقي جسمٌ بل تحول الكل غبارًا ومن الجهة الاخرى يسوغ القول انهُ لو عمَّت جاذبية الالتصاق كل المواد لما ثبت الكون الكائن تقريبًا ولما صلحت الدنيا مسكنًا للبشر لانهُ حينئذٍ ما وُجدت مائعات ولا غازات لا ماءٌ ولا هواءٌ والامر ظاهر انهُ لولاهما لما صلح هذا العالم مسكنًا للجنس البشري

وذكرنا ايضًا انهُ بين دقائق الحجر ودقائق الحديد والنحاس الخ جاذبية التصاقية شديدة يعسر علينا غلبتها اما الماء والزئبق فبين دقائقهما جاذبية التصاقية ضعيفة يسهل علينا غلبتها وباخف ضربة نفرق دقائقهما الى كل جهة غير ان الجاذبية الالتصاقية ليست معدومة من بين دقائقهما بالتمام بل بقي شيءٌ منها كما يتضح من هاتين العمليتين

العملية الخامسة . صب شيئًا قليلاً من الزئبق من قنينة

مرتفعة نحو علو قدم على بلاطة او على مائدةٍ او على لوح زجاج فيتفرق قطعاً قطعاً وكل قطعة تكون كروية الشكل وهذا يحدث ايضاً اذا ضغطت نقطة زئبق باصبعك على سطح صلب مستوٍ اي تتفرق نقطاً كروية واذا ضغطتها بلوح من الزجاج تراها تتسطح بالضغط ثم عند رفعهِ تعود كروية الشكل كما كانت وذلك برهان على ان تلك النقط الصغار بين دقائقها جاذبية الالتصاق وان كانت ضعيفة

العملية السادسة . بلّ اصابيع يدك بماء ورشهُ على سطح مدهون بزيت او دهن ان كان سطح زجاج او لوح او بلاطة فكل نقطة تاخذ الهيئة الكروية مثل نقط الزئبق في العملية السابقة ولولا شيءٌ من جاذبية الالتصاق بين دقائقهِ لما اخذت تلك الهيئة فترى ان بين دقائق المائعات جاذبية التصاقية ضعيفة ولولا كونها ضعيفة لما كانت مائعاتٍ بل جوامد

اما الغازات او الاهوية فمعدومة جاذبية الالتصاق بين دقائقها ولا ميل لها للاقتراب بعضها الى بعض بل بالعكس تميل الى الطيران والابتعاد بعضها عن بعض ولولا وجود قوةٍ تمنع تفرقها لتفرقت ولطافتها اي كونها غازاتٍ متوقفة على ميل دقائقها للابتعاد بعضها عن بعض واذا غُلب هذا الميل بالبرد والضغط كما رأيت في الجزء الثاني تتحول بعض الغازات مائعات كما ان المائعات تتحول غازاتٍ بالحرارة

فالهيولى اذًا ظاهرة على ثلاث هيئات الجامد والمائع والغاز وكل هيئة لها خصائص تميزها عن قسيميها

(١١) الجسم الجامد

هو كل ما يقاوم فعل مَن حاول تغيير هيئتهِ ويبقى على الهيئة التي هو عليها دائمًا وعلى جرمهِ ان لم يعامل بالعنف والقوة الشديدة مثل قطعة خشب او حديد او حجر الخ

(١٢) المائعات

المائع هو ما ليست لهُ هيئة خصوصية بل يأخذ هيئة الوعاء الذي وُضع فيهِ ويبقى سطحهُ افقيًا ولكنهُ محافظ على مقدارهِ او جرمهِ مثل الماء والعرق والزيت الخ فان هذه المواد اذا وُضعت في وعاء اسطواني تلبس جدرانهُ وتأخذ هيئتهُ وكذلك اذا وُضعت في وعاء مربع ولكنك لا تستطيع ان تضع رطل ماء او رطل زيت في وعاء سعتهُ درهم اي لابد من المحافظة على جرمهِ ولكنهُ لا يبالي بالهيئة

(١٣) الغاز

الغازات مثل المائعات لاهيئة خصوصية لها وتأخذ هيئة الوعاء الذي وُضعت فيهِ ولكنها لاتحافظ على مقدارها وجرمها مثل المائعات لانها قابلة الانضغاط حتى اذا ملأت وعاء يسع

رطلاً تُقهر بواسطة الضغط المناسب حتى تدخل وعاء يسع وقية خلاف المائع فانهُ لا يمكن قهرهُ حتى يصغر جرمهُ بما يعتبر كما تعلمت من الجزء الاستفتاحي نمره ٢١

الفصل الخامس

في خصائص الجوامد

(١٤) يمتاز الجامد بكونهِ محافظاً على هيئَتهِ او شكلِهِ لنفسهِ ويشغل حيزاً معيناً ولا يطاوع شكل ما وُضع فيهِ وذلك يتضح من هذه العملية

العملية السابعة . خذ قنينة تسع وقية ماء بالتمام وكاساً يسع وقية ماء بالتمام فاذا ملأْت القنينة يأْخذ الماء هيئَة شكل القنينة ثم اذا افرغتهُ الى الكاس يملأُها تماماً ويأْخذ هيئَة شكلها ولكن اذا اخذت

شكل ٤

قطعتين من الخشب على هيئَة واحدة او شكل واحد كما في الشكل الرابع مختلفتين جرماً لا نستطيع ان تدخل الصغيرة في الكبيرة

ولو كانت اصغر جرمًا ٠اي الجامد الحقيقي يحفظ هيئتهُ وجرمهُ

وربما يقول قائل ان العجين جامد ولكنهُ يأخذ هيئة الوعاء الذي وُضع فيهِ وما ملأَ منهُ وعاء يسع وقيَّة مثلاً يمكن ادخالهُ قهرًا الى وعاء اصغر. فنجيب ان العجين ليس بجامد حقيقي بل كتلة جوامد دقيقة اي حبوب الدقيق عائمة في ماء قليل مثل دقائق التراب العائمة في ماء فتصير وحلاً وطينًا وما كان على هذه الصفة سُمّي لزجًا و يعتبر في كل نوع الوقت لانهُ لا يثبت مثل الجامد الحقيقي ولا يعود الى حالهِ سريعًا بعد التغير مثل المائع بل بعد حين

واما احتمالهُ الضغط وتصغير الحجم فلوجود هواء فيهِ ينفشهُ واذا ضغطتهُ خرج الهواء و بقي الجامد الحقيقي على جرمهِ الاصلي اي كل حبة من الدقيق باقية على شكلها وعلى جرمها الاصلي

تنبيه — اذا قلنا العمل الفلاني غير ممكن او غير مستطاع يكون المعنى مرارًا عديدة انهُ لا يستطاع الاَّ بعنفٍ شديد او بتكلف فوق الطاقة — مثالهُ نقول ان الماء لا يُضغط والمعنى انهُ لا يُضغط الا بما لا طائل تحتهُ وذلك بعنف شديد كما تعلمت من الجزء الاستفتاحي نمره ٢١ واذا قلنا ان جسر حديد لا يقبل الالتواء المعنى انهُ لا يقبل الالتواء بما يُشعر بهِ الاَّ بعنفٍ شديد او بقوة وتكلف فوق الطاقة اعتياديًا وذلك يتضح بالعمليات الآتي ذكرها

العملية الثامنة . اذا اخذت قضيب حديد غليظًا وحاولت
كسرهُ بمطرقةٍ تعجز عن كسرهِ بضربة واحدة واثنتين ثم اذا علقتهُ
باحد طرفيهِ وحاولت مغطهُ بتعليق ثقلٍ من طرفهِ الآخر تجد انهُ لا
ينمغط بما تشعر بهِ واذا امسك رجل نشيط باحد طرفيهِ وآخر بطرفهِ
الآخر وحاولا فتلهُ لا يستطيعان فتلهُ بما يُشعر بهِ واذا أُوقف على
طرفهِ ووُضع ثقلٌ عظيم على طرفهِ الآخر ترى انهُ لا ينضغط بما
يُشعر بهِ واذا أُسنِد من طرفيهِ وعُلق ثقلٌ من وسطهِ ترى انهُ
لا يلتوي بما يُشعر بهِ . غير انهُ لو زدت القوة كثيرًا لظهر انهُ
انمغط بالثقل المعلق بهِ والتوى بالثقل المعلق بوسطهِ وانفتل
بالبرم من طرفيهِ وانضغط بالكبس عليهِ ولو استطعت ان نقيس
القياسات الجزئية الصغيرة لظهر كل ذلك عقيب استعمال قوة
ليست شديدة لان مقدار المغط والفتل والضغط والالتواء هو
بالنسبة الى القوة الفاعلة . ان كانت ضعيفة فالفعل ضعيف غير
ظاهر وان كانت شديدة فالفعل ظاهر ومن جملة اغراض علم
الطبيعة استعلام النسبة بين القوة المستعمله والنتيجة المطلوبة اي
كم من القوة يقتضي لاحداث نتيجة مفروضة او كم من المقاومة
نستلزم لاحتمال فعل قوة مفروضة . مثال الاول شد كم رطلاً او
كم راس خيل يقتضي لرفع كمية مفروضة من الماء الى علو مفروض
ومثال الثاني كم يقتضي ان يكون غلظ جسر لاحتمال ثقل مفروض
ولا يسعنا هذا المختصر الاَّ التلميح بذلك بغاية الاختصار ومن اراد

الزيادة فليطلبها في المطوّلات

(١٥) العملية التاسعة —الانحناء— خذ جائزًا خشبيًّا عرضهُ اكثر من غلظهِ واسندهُ من طرفيهِ على سطحهِ العريض اي وهو موضوع على عرضهِ وعلق من وسطهِ ثقلاً فتراهُ ينحني واذا شددت خيطًا بين طرفيهِ وقست

شكل ٥

البعد العمودي بين وسطهِ والخيط فلك قياس الانحناء (شكل ٥) ولنفرض الثقل عشرة ارطال وقياس الانحناء قيراطًا واحدًا واذا ضعفت الثقل اي جعلتهُ عشرين رطلاً تجد قياس الانحناء قيراطين تقريبًا اي الانحناء هو بالنسبة الى الثقل تقريبًا اعني اذا ضعفت الثقل ضعفت الانحناء واذا ثلّثت الثقل ثلّثت الانحناء تقريبًا

العملية العاشرة . ثم ضع الجائز نفسهُ على حرفهِ واسندهُ وعلق عليهِ ثقلاً كما في الاول فترى انهُ لم ينحنِ الاّ قليلاً اي في الحال الاول قاوم فعل الثقل غلظُ الجائز وفي الثاني قاومهُ عرضهُ

(١٦) متانة المواد

اذا قصد بانٍ ان يلقي سقف بيتٍ على جوائز خشب او

حديد او ان يبني جسراً من جوائز خشب او حديد فوق هوّةٍ او نهرٍ تراهُ يضع تلك الجوائز على حروفها لا على عروضها لعلمهِ بالامتحان انها اقوى على ذلك الوضع وامتن ولا يسوغ لهُ ان يخسر شيئاً من المتانة بالوضع غير المناسب و ينبغي على الباني ان بنى سقفاً او جسراً او قنطرة ان يكون خبيراً بمتانة المواد التي يستخدمها وكم تحتمل من الشدّ او الثقل او الرفس حتى لا يفرط في المواد من جهة ولا يوهن عملهُ من الجهة الاخرى

ومن المبادي التي تقررت عند علماء فن البناء بعد الامتحانات المدققة ان يُجعل السقف او الجسر او الجدار على متانةٍ هي خمسة او ستة امثال المتانة اللازمة لحمل ما يُلقى عليهِ اعني اذا عُلم انهُ لا يُلقى على جسرٍ او على سقفٍ ثقل يزيد عن ١٠٠ قنطار مثلاً ينغي ان يُجعل ذلك السقف اوذلك الجسر على متانةٍ تحمل ٥٠٠ او ٦٠٠ قنطار وسبب ذلك هو انهُ اذا مرّ على جسرٍ او وُضع على سطح بيتٍ حمل ثقيل ربما يحملهُ الجسر او السطح بدون ان يهبط تماماً ولكنهُ ينحط اي ينحني واذا كان خفيفاً بالنسبة الى متانة الجسر يعود الجسر الى اصلهِ بعد رفع الثقل عنهُ واذا كان مقارباً الاقصى ما يحتملهُ ينحني تحتهُ الجسر ولا يعود الى اصلهِ تماماً بعد رفع الثقل عنهُ ثم ان فُعل ذلك ثانيةً ينحني ايضاً ولا يعود الى ما كان عليهِ بعد رفع الثقلِ وعلى هذا النسق تقل المتانة كل مرّةٍ واخيراً يهبط تماماً و بُني على

ذلك هذه القاعدة وهي ان لا يسمح الباني بانحناء سقفٍ او جسرٍ بما يفوت درجة العود التام الى اصلهِ بعد رفع الثقل عنهُ ومراعاة لهذه القاعدة يجعل متانة الجسر او السقف خمسة او ستة امثال ما يكفي لاحتمال اثقل ما يُزعم انهُ يُلقى عليهِ حتى لا يخشى من فوات درجة الانحناء درجة العود التام الى اصلهِ

(١٧) العرك

اذا وضعت حمل حجارة على نورج يعسر على الفدان جرّهُ بسبب العرك بين النورج والارض ولو وضعت تلك الحجارة نفسها على عجلة لجرها راس خيل لتقليل العرك بواسطة العجلات ولو مشت العجلات على حديد كما في سكة الحديد لجرها رجل لسبب قلة العرك ومعنى العرك هو تلك القوة التي تقاوم تحريك ثقل على سطح ويهمّ الآلاتي كثيرًا ان يتخذ كل الوسائط الممكنة لازالة العرك او تقليلهِ اذا لم تكن ازالتهُ ممكنة

وللعرك فوائد ايضًا كما رأينا لسائر القوات الطبيعية ولولاهُ لعسر علينا المشي اي لو زال العرك بين رجلك والارض لاصبحت مثل الماشي على الجليد الزلق وكنت في اشد خطر الزلق كل لحظة وبعض صعوبة المشي على الرمل هو لقلة العرك بسبب سهولة ازاحة الرمل من تحت الارجل ولولا العرك لما قدرنا ان نمشي على سطح مائل ولا هدأ شيء على سطح مائل بل

زلق الى اسفلهِ بسرعة

الفصل السادس

في خصائص المائعات

(١٨) المائعات تحافظ على اجرامها اي لاتقبل الانضغاط او تصغير الحجم

ان ضُغط القطن المندوف يصغر حجمهُ حتى يُقبض بالكف على ما يملأ سلَّة قبل . اما المائعات فليس كذلك ومهما ضغطتها لا يُصغر جرمها بما يُشعر بهِ

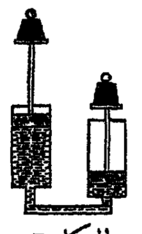
العملية الحادية عشرة . خذ انبوبة متينة مثل انبوبة حقنةٍ معدنية واضبط اسطوانتها حتى لا يفلت الماء من جانبها واملأ الانبوبة ماء وسدّ ثقبها وحاول تنزيل الاسطوانة فتجد انك لا تستطيع ذلك بكل قوتك وربما تنفجر الانبوبة بالعنف ولا تنزل الاسطوانة اي لا تستطيع ان تصغر جرم الماء في الانبوبة حتى تنزل الاسطوانة فيها ولو وضعت في الانبوبة قطنًا او قلينًا او صوفًا لضغطتهُ اي صغرت جرمهُ بكل سهولة

قد وُجد بعد الامتحانات المدققة ان الماء ينضغط $\frac{1}{20000}$ من جرمهِ بواسطة ضغطٍ يعدل ثقل ١٥ ليبرا لكل قيراط مربع

من سطحهِ والزئبق ينضغط بذلك ٥ . . . . ،٠ من جرمهِ والايثير ينضغط بذلك ١٣٢ . . .،٠ من جرمهِ ومتى رُفع الضغط عاد المائع الى جرمهِ الاول

(١٩) المائعات تنقل ضغطًا . اعني اذا ضُغط مائع من جانبٍ نقل ذلك الضغط الى جامدٍ متصل بجانبهِ الآخر

العملية الثانية عشرة . خذ اسطوانتين متصلتين من اسفلهما كما في الشكل السادس واحصر فيهما ماء فان انزلت الاسطوانة الواحدة ارتفعت الاخرى في الانبوبة الاخرى اي نقل الماء حركة الاسطوانة الواحدة الى الاخرى واذا وضعت ثقلاً وزنة خمسة ارطال على



الشكل ٦

راس الاسطوانة الواحدة ومثلهُ على راس الاخرى يتوازنان ولا تحرك احداهما

(٢٠) المائعات تضغط الى كل الجهات بالسوية اعني انها تضغط الى الاعلى والاسفل واليمين

واليسار والى كامل الجهات بقوة متساوية في الجميع

العملية الثالثة عشرة . خذ آلة ذات عدة اسطوانات كما في الشكل السابع وضع على الاسطوانة د ثقلاً وزنه عشرة ارطال فالماء ينقل تلك القوة الى كل الجهات حتى تضغط بقوة تعدل عشرة ارطال على كل واحدة من الاسطوانات الاخرى هذا اذا كانت سطوح الاسطوانات

شكل ٧

متساوية مساحةً وان لم تكن متساوية يتغير الفعل كما ترى من عمليّة أُخرى

العملية الرابعة عشرة . ثم لنفرض ان احدى الاسطوانتين هي ضعف الاخرى مساحةً وان وضعنا عشرة ارطال على اصغرهما لا توازنها عشرة ارطال على اكبرهما

شكل ٨

بل يقتضي ان نضع على اكبرهما ٢٠ رطلاً لكي توازن عشرة ارطال على الاصغر ولو كانت الكبرى ثلاثة امثال الصغرى مساحةً

لاقتضى ٢٠ رطلاً على الكبرى لكي توازن عشرة ارطال على الصغرى ولو كانت الكبرى ستة امثال الصغرى كما في الشكل ٨ لاقتضى ستين رطلاً للموازنة

والنتيجة هي ان الضغط الاسفل على احدى الاسطوانتين يحدث ضغطاً الى الاعلى على الاخرى والضغط الى الاعلى هو بالنسبة الى مساحة الاسطوانة واذا كانت مساحة الواحدة ثلاثة امثال مساحة الاخرى يكون الضغط عليها الى الاعلى ثلاثة امثال ما على الاخرى

(٣٠) مكبس الماء

بُني على المبدإ المذكور آنفاً آلة كثيرة الافادة سُميت مكبس براماه نسبةً الى مخترعه وسُمي مكبس الماء لكون الماء الفاعل فيه يُكبَس به الصوف والقطن والحبوب والاقمشة فتصغر بالاتٍ او رزمًا صغيرة الحجم

شكل ٩

يسهل نقلها كما ترى في الشكل التاسع للآلة اسطوانتين

مساحة سطح اكبرهما ك = مئة مثل مساحة سطح اصغرهما ي فاذا وضعت رطلاً على اصغرهما يضغط الاكبر بقوة مئة رطل وقس على ذلك . والامر ظاهران سائر اجزاء هذه الآلة يجب ان تكون على غاية الضبط والمتانة لئلاَّ يفلت الماء من جوانب الاسطوانات او تنكسر بعض جدرانها فتنفجر اذ تخرج الماء من اصغر شقّ بقوة عظيمة متناسبة للضغط على الاسطوانة ولمساحة الشقّ .

(٢١) سطح المائع في حالة السكون يوازي سطح الافق

اذا وُضع وعاء فيهِ ماء على سطح الارض ورُفعت نقطة من سطحهِ مثل ب شكل ١٠ فوق سائر السطح لصارت تلك النقطة على سطح مائل

شكل ١٠

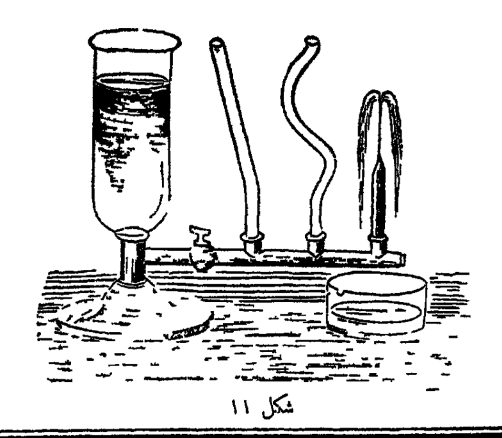
ومن سهولة حركة دقائق الماء بعضها على بعض تنحدر على ذلك السطح بفعل الجاذبية بها وعدم العرك بين دقائق الماء فبالضرورة تصير كل الدقائق السطحية على بعدٍ واحدٍ من مركز الجاذبية اي مركز الارض واذا علقت ميزاناً مثل ثقل الزيج فوق سطح

الماء تجدهُ عمودًا على ذلك السطح كما يظهر من شكل ١٠ اي على سطح الماء بعد استقرارهِ فيكون سطح الماء موازيًا سطح الافق وذلك يتضح بهذه العملية

العملية الخامسة عشرة . ضع في وعاء ما يكفي لتغطية اسفلهِ زيبقًا ثم علّق فوقهُ ثقل الزيج فترى صورتهُ في الزيبق كأنها امتدت من الثقل على استقامة خيطهِ تمامًا ولو مال الثقل اقل ميلاً على ذلك السطح لما كان على استقامة واحدة بل تكونت بينهما زاوية كما هو واضح لاقل تأمل

وعلى هذا المبدا نفسهِ يكون سطح الماء في جميع الاوعية المتصلة على علوٍ واحدٍ مهما كانت هيئة تلك الاوعية

العملية السادسة عشرة . اذا صبَّ في الكاس شكل ١١ ماء



شكل ١١

ترتفع في الانابيب المتصلة بها الى علوها في الكاس لا اكثر ولا اقل ان كانت مستقيمة او عوجاء ان كانت عمودية او مائلة على سطح الافق وعلى هذا المبدا يصعد الماء في انابيب الاقنية الى علوٍ يعدل علوهُ في المعين او الحوض الذي خرج منهُ فلا يحتاج الى آلة ترفعهُ الى علو حوضهِ ولكنهُ لا يرتفع الى اعلى من ذلك محط شعرةٍ الّا بواسطة آلة تدفعهُ

(٣٢) وعلى هذا المبدا اصطنعت آلة من آلات المساحة تُعرَف بالفادن المائي شكل ١٢ وهو انبوبة ذات ساقين على زاويتين

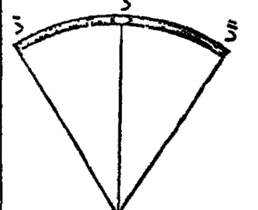
ا ب

شكل ١٢

قائمتين فالامر ظاهر انهُ اذا كانت الانبوبة ا ب افقية الوضع يرتفع الماء الى علوٍ واحدٍ في الساقين واذا مالت اقل شيء يرتفع الماء في الساق الذي نحو الطرف المنخفض وهذه الآلة تستعمل في اصطناع الاقنية والترع والسكك لاسيما السكك الحديدية اذ بها نستعلم الاماكن التي هي على علوٍّ واحدٍ

اما الفادن العرقي والفادن الزيبقي فعلى المبدا ان الخفيف الثقل النوعي يعوم في الثقيل الثقل النوعي وبما ان الهواء اخف من الماء فلا بد ان يعوم على سطحهِ اذا تُرك لنفسهِ الّا انهُ يُستخدَم

عوضًا عن الماء العرق الصرف او الزيبق في انبوبة منحنية على قوس دائرة فيها فقاعة هواء كما في شكل ١٢ فالامر ظاهر ان فقاعة الهواء في الانبوبة تطلب المحل الاعلى منها فتصعد نحو الطرف الاعلى وهذه توضع في تابوت من الخشب مستوي الغلظ فاذا ارتفع طرفٌ منهُ ارتفعت فقاعة الهواء نحو ذلك



شكل ١٢

الطرف وهكذا يُستعلَم كون السطح الذي يوضع عليهِ موازيًا لسطح الافق او مائلاً عليهِ وهذه الآلة ادق من الفادن المائي المار ذكرهُ واضبط

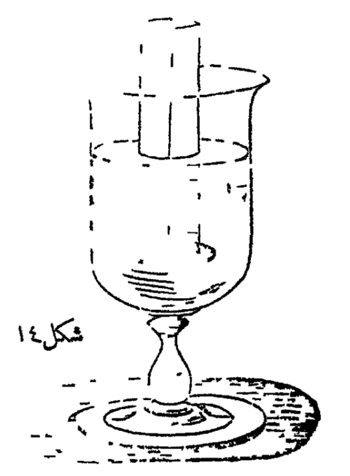
(٣٢) اذا كان للماء عمقٌ يكون الضغط على كل قسمٍ منهُ بالنسبة الى عمقهِ

الامر ظاهر انهُ في وعاء لهُ بعض العمق يحمل الاسفل كل ثقل ما فوقهُ فالقسم الذي هو تحت سطح الماء قدمين يحمل ضعف ما يحملهُ ما كان تحت السطح قدمًا واحدًا

وزن السنتيمتر المكعب من الماء المستقطر هو كرام واحد والسنتيمتر المكعب من الماء الذي هو تحت السطح سنتيمتر يحمل

تقل كرام والذي هو سنتيمتر بن تحت السطح يحمل تقل كرامين وقس على ذلك وهذا الضغط ينعل الى كل الجهات على السواء اي الى فوق وتحت ويمين و يسار وذلك يتضح بهذه العملية

العملية السابعة عشرة . املأ وعاء عميقا ماء وافتح في جانبه ثقبا تحت سطح الماء قليلاً فترى الماء يُدفع من الثقب بقوة الى بُعد بعض القراريط . ثم افتح له ثقبا آخر اوطأ من الاول فترى الماء يُدفع منه الى مسافة ابعد ثم افتح ثقبا نقرب اسفلهِ فترى الماء يُدفع الى مسافة ابعد من مسافة الاولين . هذا من جهة الضغط الى الجوانب واما الضغط الى فوق فيتضح اذا اخذت وعاء طويلاً او اسطوانة مجوفة مفتوحة من الطرفين والصق على طرفٍ منها قطعة زجاج او توتيا وتمسكها بواسطة خيط مارّ في وسط الاسطوانة كما في شكل ١٤ ثم اغمس الاسطوانة في ماء وارخِ الخيط فترى ان القطعة لا تسقط عن اسفل الاسطوانة لان ضغط الماء الى



شكل ١٤

الاعلى يثبتها . ثم صبّ في الاسطوانة ماء (واذا كان ملوّنًا يكون العمل اوضح) فحالما يبلغ سطح الماء فيها مساواة سطح الماء في الوعاء خارجها تسقط القطعة عن اسفلها لان ضغط الماء الى الاسفل وازن ضغطهُ الى فوق فبقيت القطعة الملتصقة خاضعة للجاذبية ولكونها اثقل من الماء تسقط الى اسفل الوعاء

وشدة ضغط الماء في الاعماق يتضح لك اذا ملأت قنينة سوداء اعتيادية ماء الى ثلاثة ارباعها ثم اربط بها خيطًا طويلاً وسدها بفلينة سدًّا محكمًا وغرّقها في البحر على طول الخيط وعندما ترفعها تجدها ملآنة ماء والفلينة في قلبها وذلك من قبل شدة ضغط الماء في الاعماق الى كل الجهات والامر ظاهر ان الضغط يكون بالنسبة الى كثافة السيال اي ضغط الزيبق اشدّ من ضغط الماء لانهُ اكثف من الماء وضغط الكحول والايثير اخف من ضغط الماء لانهما اخف منهُ

(٣٤) العوم وتعويميّة الماء . اعني بتعويميّة الماء قوتهُ على تعويم ما يُلقى فيهِ وهي نتيجة ضغطهِ الى كل الجهات

العملية الثامنة عشرة . زن حجرًا صغيرًا مثل قطعة حجر

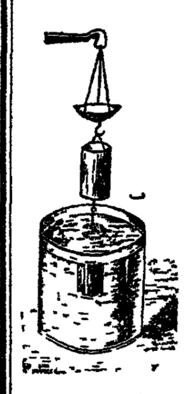
او معدن في ميزان ضابط ولنفرض وزنهُ عشرين درهماً ثم زنهُ

وهو في الماء بواسطة تعليقهِ
بكفة الميزان كما في شكل ١٥
فالظاهر انهُ خسر كل وزنهِ
لانهُ يقتضي ان توضع عشرون
درهماً في الكفة الاخرى
حتى يستوي الميزان و بالحقيقة
لم يخسر من وزنهِ شيئاً كما يتضح
من هذه العملية

شكل ١٥

العملية التاسعة عشرة . ضع وعاء ماء في كفة الميزان وعيّرهُ تماماً ثم اسقط الجسم المشار اليهِ آنفاً الذي وزنهُ عشرون درهماً في الوعاء المذكور فترى الميزان يترجح الى ذلك الجانب ويقتضي ان توضع عشرون درهماً في الكفة الاخرى لكي يستوي الميزان وهو وزن الجسم في اول الامر . اي الجسم لم يخسر وزنهُ بل هو باقٍ على ما كان عليهِ ووعاء الماء زاد وزنهُ عشرين درهماً بالقاء الجسم المذكور فيهِ . والذي صار في العملية السابقة ليس هو خسران الجسم وزنهُ بل انما حمل الماء بعض وزنهِ بقوتهِ على التعويم اي بضغطهِ الى الاعلى

العملية العشرون . خذ اسطوانة من نحاس او رصاص



او حديد مثل ا شكل ١٦ ولتكن على قدرٍ بحيث تملا السطل ب بالتمام والضبط . علق الاسطوانة من اسفل السطل ثم علقهما اسفل كفة الميزان وعيّرهما تماماً في الهواء ثم زن الاسطوانة في الماء كما في شكل ١٦ فترى تلك الكفة قد خفّ وزنها اي الاسطوانة خسرت شيئًا من وزنها

شكل ١٦

بسبب غمسها في الماء . ثم صبَّ ماء في السطل حتى يستوي الميزان ايضاً فترى انهُ لم يستوِ حتى امتلأ السطل تمامًا اي اعدنا ما خسرتهُ الاسطوانة وقد فرضنا ان الاسطوانة مالئة السطل بالتمام والضبط فقد اعدنا من الماء ما يعدل جرم الاسطوانة اي خسرت من الوزن في الماء ما يعدل وزن جرمها من الماء ولنا من ذلك هذه القاعدة العامة وهي

انهُ اذا وُزن جسم في الماء يخسر من وزنهِ في الهواء ما يعدل وزن جرمهِ من الماء تمامًا

ومما تقدم ترى سبب استطاعتك ان تحمل تحت سطح الماء حجرًا لم تستطع ان تنهضهُ خارج الماء اي الماء حامل معك من

وزن الحجر ما يعدل وزن الماء الذي يشغل موضعهُ اي الذي يعدل جرمهُ

(٣٥) افرض انهُ في وعاء ماء مثل حوض جمد مقدار ذراع مكعَّب من الماء وافرض انهُ بقي على كثافتهِ وجرمهِ وسائر صفاتهِ الاَّ السيولة فالامر ظاهر ان هذا الجمود لا يُغيّر شروط الموازنة وان لم يحرّك القسم الجامد محرّكٌ يبقى في موضعهِ عائماً في وسط الوعاء والجاذبية تجذبهُ بالنسبة الى جرمهِ ولكنهُ باقٍ في موضعهِ بفعل قوة مضادَّة الجاذبية تعدلها وهي ضغط الماء الذي هو عائم فيهِ اي قوة المائع التعويضيَّة توازن وزن جرم مغموس فيهِ اذا كانا على كثافة واحدة ولكن اذا كان الجسم المغموس اكثر كثافة من الماء لا يخسر كل وزنهِ فيهِ بل يبقى بعضهُ فيغرق

العملية الحادية والعشرون . خذ قطعةً من الخشب وثقّلها بالرصاص حتى يعدل وزنها وزن جرم من الماء يعدل جرمها ثم أَلقِها في الماء فترى انها لا تعوم ولا تغرق بل تبقى على الوضع الذي تضعها عليهِ كأَنها عديمة الوزن

ثم ربما يقول قائل اذا كان جسم اثقل من الماء خسر كل وزنهِ فيهِ فهل جسمٌ اخفُّ من الماء يخسر اكثر من وزنهِ أليس ذلك محال

العملية الثانية والعشرون . خذ قطعة من الفلين او من الخشب اليابس وهو اخف من الماء جرماً لجرم وأَلقِها في الماء

فترى ان بعضها تحت سطح الماء و بعضها فوق سطحهِ فيغرق منها مقدار يعدل جرمًا من الماء وزنهُ يعدل وزن الخشبة ولنفرض ان الخشبة مكعبة وان كثافتها ٨ ،. كثافة الماء فاذا أَلقيتها في الماء يغرق منها ثمانية اعشار اي مقدار الماء الذي تشغل موضعهُ يعدل وزن الكعب كلّهِ

ان السمك في الماء تارةً يعوم بقرب سطح الماء واخرى يغرق الى الاعماق وذلك بواسطة كُوَيس ملآن هواء في بطن السمكة تستطيع ان تضغطها وان ترخيها فاذا ضغطتها صارت كثافتها اكثر من كثافة الماء بالنسبة الى جرمها فتغرق و بالعكس اذا ارختها •

(٣٦) الكثافة النسبيَّة ٠ الثقل النوعي

قد تعلمت ما هو معنى الثقل النوعي من الجزء الاستفتاحي نمره ٣٠ اي انهُ دال على كثافة جسم بالنسبة الى كثافة جسم آخر

العملية الثالثة والعشرون . خذ قطعة من الذهب ولنفرض ان وزنها ١٩ قمحة ثم زنها في الماء فتجد وزنها ١٨ قمحة اي خسرت قمحة وهذه الخسارة تماثل وزن جرم من الماء يعدل جرم الذهب اي وزن جرم من الماء الذي يعدل جرم الذهب هو قمحة واحدة وكان وزن الذهب ١٩ قمحة فوزن جرمٍ ما من الذهب يعدل

١٩ مرة جرمهِ من الماء فنقول ان ثقل الذهب النوعي هو ١٩ وهذه النتيجة هي هي مهما كان جرم الذهب اي وزنهُ ١٩ مرة وزن ما يعدل جرمهُ من الماء فلو اتانا احدٌ بقطعة مصكوكة كليرا مثلاً وهي مطلية ذهبًا بالقصد ان يغشنا نمتحنها على المبدا الماضي ذكرهُ فاذا وجدنا ان وزنهُ لا يعدل ١٩ مرة وزن جرمهِ من الماء عرفنا انهُ ليس ذهبًا

ان كيفيَّة استعلام الكثافة النسبيَّة او الثقل النوعي منسوب الى الفيلسوف ارخميذس منذ ٢٠٠٠ ومما يُحكى في ذلك ان هيرون ملك سرقوسة سلم الى صائغ مقدارًا من الذهب ليصيغهُ لهُ تاجًا ولما احضر الصائغ التاج خامر الملك شك من جهة نقاوة ذهبهِ وزعم ان الصائغ سرق بعض الذهب وعوَّض عنهُ بفضَّة ولما احتار في هذا الامر استعان بالفيلسوف المشار اليهِ فاخذ يتفكر بشان مسئَلة الملك وبينما كان ذات يوم في الحمام اعتبر خفَّة جسمهِ في الماء بالنسبة الى ثقلهِ في الهواء فلاح لهُ بالحال كيفية حل المسئلة ومن فرحهِ خرج من الحمام وهو عريان صارخًا وجدتها وجدتها ثم ذهب الى بيتهِ واخذ قطعة من الذهب علمها خالصة ووجد انها خسرت في الماء ١/١٩ من وزنها في الهواء فعلم ان الذهب ١٩ مرة وزن الماء جرمًا لجرم ثم امتحن تاج الملك على هذه الكيفية فوجد انهُ خسر في الماء اكثر من ١/١٩ من وزنه فتحقق انهُ ليس ذهبًا خالصًا بل مخلوطًا

أَلقِ حبة عنب في قدح شمپانيا فتغرق الى اسفلهِ ثم بعد قليل تجمع فقاقيع حامض كربونيك على الحبة فتزيد جرمها ولا تزيد كثافتها الى ان تعوم الحبة ثم اذا نفضتها تعود تغرق كالاول وتعود الفقاقيع تجمع عليها فتعوم ويمكن ان يكرَّر العمل حتى ينفد كل غاز الحامض الكربونيك من الشمپانيا

(٣٧) القوة التعويميَّة لمائعات غير الماء

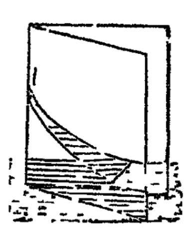
لكل مائع قوة تعويميَّة مختصة بهِ وهي بالنسبة الى كثافة المائع نفسهِ اي كلما زادت كثافتهُ زادت قوتهُ التعويميَّة ومن المائعات التي قوتها التعويميَّة اضعف مما للماء الكحول والإيثير ومن المائعات التي قوتها التعويمية اقوى مما للماء الزئبق والحامض الكبريتيك والماء المالح. أَلقِ قطعة حديد في وعاء زيبق تراها تعوم فيهِ اي الحديد اخف من الزيبق جرمًا لجرم واما الذهب فيغرق فيهِ والزيبق ١٣ ١/٢ مرة اثقل من الماء جرمًا لجرم واما الذهب فقد رأينا آنفًا انهُ ١٩ مرة اثقل من الماء جرمًا لجرم. اما ماء البحر فيعوّم ما لا يعوّمهُ الماء العذب وماء بحرة لوط من زيادة كثافتهِ يعوّم الانسان حتى لا يستطيع ان يغرق فيهِ وذلك من كثرة المواد المالحة الذائبة فيهِ

(٣٨) الجاذبيَّة الشعريَّة

قد قلنا سابقًا ان الماء لا يرتفع في وعاء فوق مساواة سطحهِ خارج الوعاء ويُستثنى من ذلك الانابيب الدقيقة جدًّا المسماة انابيب شعريَّة لدقتها

العملية الرابعة والعشرون . خذ قطعة من انبوبة ثرمومتر مكسور واغمس طرفها في ماء عموديًّا فترى الماء يصعد في الانبوبة الى فوق مساواة سطحهِ خارجها اوخذ لوحي زجاج واجعلهما متلامسين من ضلعٍ منهما ومفرقين بغلظ ورق الكتابة من الضلع المتقابل وعلى هذا الوضع اغمسهما في الماء فترى الماء يصعد بين اللوحين الى فوق مساواة سطحهِ من الخارج وكلما كان البعد بين اللوحين اقل صعد الماء اكثر فتراهُ بين اللوحين على خط منحنٍ كما في شكل ١٧

ومن امثلة الجاذبية الشعريَّة فعل فتيلة من القطن والاسفنج والسكر والقرطاس النشاش اذا غُمس طرف منها في الماء فانهُ يكاد يصعد الى اعلاها بالجاذبية المشار اليهما لكون مساماتها انابيب شعرية دقيقة متصلة



شكل ١٧

(٣٩) اندُسموس واكسُسموس

بين هذين الفعلين والجاذبية الشعرية مشابهة حتى اقتضى ذكرهما في هذا المحل ومن امثلتهما انهُ اذا وُضع شراب في وعاء هو كيس من الرق او من مثانة حيوان بعد نفخها ورُبط عليهِ ربطًا متينًا ثم أُلقيَ في ماء تجد بعد مدة ان كمية السيال داخل الكيس قد زادت وان بعض الشراب قد خرَج وامتزج بالماء ومرور الماء الى الداخل سُمي اندُسموس ومرور الشراب الى الخارج سُمي اكسُسموس وهاتان القوتان او هذان النوعان من الجاذبية الشعرية يعلل بهما عن عدة افعال حيوية كما ستعلم في محلهِ ولا يسعنا هذا المقام غير الاشارة اليهما



الفصل السابع

في خصائص الغازات

(٣٠) ضغط الهواء

اننا عائشون في قعر اوقيانوس سيال معدل عمقهِ على الاقل مئة مثل عمق اوقيانوس الماء الغامر الكرة الارضية وهذا السيال الغازي اعني الهواء الكروي مزيج في كل ١٠٠ جزء منهُ ٢١ جزءًا من الاكسجين و ٧٩ جزءًا من النيتروجين ما عدا المواد العرضية الموجودة فيهِ على كميات غير ثابتة منها الحامض الكربونيك وبخار الماء وغاز الامونيا

قد رأينا في ما تقدم ان جاذبية الالتصاق بين دقائق المائعات موجودة ولكنها ضعيفة واما الغازات فقد زالت منها تلك الجاذبية ولم يبقَ منها شيءٌ بل اتي عوضًا عنها قوة دافعة الدقائق بعضها عن بعض حتى ان كمية جزئية من الغاز تملأْ اي وعاء وُضع فيهِ مهما كان واسعًا

اذا وضعت وقية ماءٍ في وعاء سعتهُ وقية يملاهُ تمامًا و يلامس كل جدرانهِ واذا وضعتهُ في وعاء يسع وقيتين يملأ نصفهُ فقط ومهما خضضتهُ وهززتهُ لا يشغل اكثر من نصف الوعاء ولكن

اذ وضعت قليلاً من الغاز في اي وعاء كان يملأهُ اي دقائق الغاز تمدد وتبعد بعضها عن بعض وتنتفش حتى تملأ الوعاء كلهُ

(٤١) لاجل امتحان خصائص الهواء نحتاج الى آلة بها يُستخرج الهواء من وعاء عند الحاجة وسُميت مفرّغة الهواء وسوف يأتي التعليل عنها

العملية الخامسة والعشرون . ضع كيساً ضابطًا فيهِ هواء تحت قابلة على صحن مفرّغة الهواء فما دام الهواء الكروي محيطًا بالكيس يبقى على حالهِ كما ترى ثم لنفرغ الهواء من القابلة فترى الكيس بالحال يأخذ ينتفخ لان الهواء الذي كان محيطًا بهِ قد ذهب والهواء الذي في الكيس يطلب ان يملأ الفراغ الصادر عن استخراج الهواء من القابلة وكلما زدت في استخراج الهواء من القابلة زاد انتفاخ الكيس ثم افتح حنفية المفرغة حتى يعود الهواء الى داخل القابلة فبالحال يعود الكيس الى ما كان عليهِ

لو ضغطت الهواء الذي في الكيس في مكبس لصغر جرمهُ كثيرًا عما هو عليهِ ثم عند رفع الضغط يعود الى حالهِ وهذه الخاصة اي قبول الضغط والعود وقبول التمدّد والعود سُميت مرونة وقد تعلمت من الجزء الاستنتاجي نمره ٤٣ و٤٢ ان السيالات المرنة قد انقسمت لاجل سهولة الوصف الى قسمين غازات وابخرة اما الغاز فهو ما كان غازًا على حرارة الهواء الاعتيادية واما

البخار فهو ما كان جامدًا او مائعًا على حرارة الهواء الاعتيادية وإنما تحوّل بخارًا بزيادة الحرارة

العملية السادسة والعشرون . هي عكس العملية السابقة اي ضع على صحنٍ مفرغة الهواء قابلة مربوط رقٌ على طرفها الاعلى المفتوح شكل ١٨ واستخرج الهواء منها فترى الرق يضغط الى الداخل بضغط الهواء عليهِ من الخارج وإذا زدت الاستفراغ



شكل ١٨

يتمزق الرقُّ بشدة ضغط الهواء الخارجي عليهِ الطالب ملأَ الخلاء الحاصل من استفراغ الهواء من داخل القابلة

(٣٢) وزن الهواء

من خاصة الهواء المار ذكرها يتضح سبب عسر استخراج كل الهواء من وعاء اعني اذا استخرجت ٩٩/١٠٠ منهُ يتمدد الجزء ١/١٠٠ الباقي حتى يملأ الوعاء وإذا استخرجت ٩٩٩/١٠٠٠ فالجزء ١/١٠٠٠ الباقي يملأ الوعاء غير انهُ بواسطة آلة ضابطة نستطيع على استخراج اكثرهِ حتى يقل الباقي الى كمية لا يعتدُّ بها

العملية السابعة والعشرون . خذ وعاءً نحاسيًّا ذا حنفيَّة كما

في شكل ١٩ وزنهُ بالتدقيق ثم ركبهُ على مفرغة الهواء واستخرج الهواء منهُ ثم زنهُ ايضًا فتجدهُ وهو فارغ اخف مما كان وهو ملآن هواء وهذه العملية تثبت لنا كون الهواء ذا وزن بل كل الغازات لها وزن والجاذبية تفعل بها وذلك الفعل هو علة وزنها غير ان بعضها اثقل من البعض

العملية الثامنة والعشرون . ضع في كفة الميزان علبة غنينة وزنها بالتدقيق وهذا الوزن

شكل ١٩

عبارة عن ثقلها وهي ملآنة هواء . ثم املأها غاز الحامض الكربونيك وهي على كفة الميزان كما تعلمت من الجزء الثاني نمره ٤٧ فترى ان العلبة قد ترجحت اي زاد وزنها وذلك لان غاز الحامض الكربونيك طرد الهواء منها واشغل موضعهُ وهو اثقل من الهواء . اما الهيدروجين فهو اخف الغازات كما يتضح من هذه العملية

العملية التاسعة والعشرون . اقلب العلبة اي اجعل اعلاها اسفلها ثم استاق فيها غاز الهيدروجين كما تعلمت من الجزء الثاني نمره ٣٧ فترى انها قد خف وزنها وترجحت الكفة الاخرى ولكنها لم تبلغ درجة الفراغ في الخفة

يتضح مما تقدم ان الغازات خاضعة لفعل الجاذبية مع ان

دقائقها يدفع بعضها البعض حتى تملأ الوعاء الذي وُضعت فيهِ ولا يُخشى انها تفلت من الجاذبية فتهرب عن الارض الى الفلاء والهواء الكروي خاصةً خاضع لجاذبية الارض وجاذبية القمر مثل ماء البحر وفي قعر هذا الاوقيانس الهوائي نتحرك ونحيا وفي هذا الاوقيانس الهوائي تطير الطيور كما تسبح الاسماك في البحر المائي

قد تقدم نمره ٢٣ ان الماء يضغط الى كل الجهات وان مقدار الضغط هو بالنسبة الى العمق واذا كان الهواء مثل الماء من حيثية الضغط يقتضي ان يكون ضغطهُ على سطح الارض اشد مما هو في طبقات الجوّ العالية وهو كذلك وستأتي البراهين على ذلك في محلها

وربما يقول قائل اذا كان ضغط الهواء علينا بكل ثقلهِ فلماذا لا نشعر بذلك ولا نحس بحملٍ ثقيل على اكتافنا فاقول ذلك لان الضغط متساوٍ الى كل الجهات الى الاعلى والى الاسفل والى الاجناب بالسوية فترى قطعة قرطاس او ريشة او جسماً آخر خفيفاً لا يتمكن على سطح الارض بضغط الهواء عليهِ لانهُ ضاغطهُ الى كل الجهات فيتحرك بسهولةٍ غير ان ضغط الهواء على كل الاجسام يوضح بكل سهولة

العملية الثلثون . ضع قابلة فارغة على صحن مفرغة الهواء وقبل استخراج شيء من الهواء الذي فيها زحزحها من جانب الى جانب فتتزحزح بكل سهولة ثم استخرج بعض الهواء منها ثم

حاول رفعها او ازاحتها ترى انها لا تُرفع ولا تُزاح كانها قد تسمرت على بلاطة المفرغة وذلك من ضغط الهواء الخارجي عليها . افتح الحنفية ودع الهواء يدخل اليها فتُقام او تُزاح بسهولة كما في الاول وذلك برهان على ان تمكينها كان من قبل ضغط الهواء عليها من الخارج

العملية الحادية والثلثون - ان أُ ثون فان كُويَريكا من مدينة مجدبرج استنبط نصفي كرة نحاسية شكل ٣٠ بحيث ينفصلان او يلتصقان حتى تصيرا كرةً كاملة فارغة وهي مصطنعة بحيث تتركب على مفرغة الهواء . ألصق نصفَا بنصف ترَها ينفصلان بكل سهولة ثم الصقهما وركبهما على مفرغة الهواء واستخرج تمامًا الهواء من داخل الكرة وعند ذلك لا يستطيع رجلان ان يفصلاهما ولو شدَّا بكل نشاطهما وذلك من ضغط الهواء الخارجي على سطح الكرة وكان قطر الكرة



التي صنعها فان كُويَريكا ٦٥ سنتيمترًا والضغط عليها ٢٤٢٨ كيلو كرام وعلق بالنصفين اربعة رؤُوس خيل فلم نقدر على فصلهما

(٣٢) اذا كان الهواء سيًالاً ولهُ وزن فلا بدَّ من ان

تكون لهُ قوة تعويمية مثل الماء وبالفعل لهُ هذه القوة ولكنها اضعف من قوة الماء التعويميّة وكل مادّة اخف من الهواء يطلب الصعود الى سطحهِ كما ان كل مادة اخف من الماء اذا أُغرق يطلب الصعود الى السطح ويتضح ذلك اذا ملأت كيسًا غاز الفحم او هيدروجين لان غاز الفحم اخف من الهواء جرمًا لجرم والهيدروجين اخف من غاز الفحم جرمًا لجرم وعلى هذا المبدا تصطنع المركبة الهوائية المعروفة بالبلون

(٣٤) البارومتر

اول من اخترع آلة لاجل قياس ضغط الهواء هو رجل ايطالياني اسمهُ تور يشلّي تلميذ جليليو وقبل ايامهِ كانوا قد لاحظوا ان طلمبا الماء ترفع الماء نحو ٣٠ قدمًا وان الماء لا تصعد في الطلنبا اكثر من ذلك مهما كان طولها ومهما بالغوا في تشغيلها وضبطها وعلّلوا عن ذلك بقولهم ان الطبيعة تكره الخلاء والامر ظاهر لابسط العقول ان هذا التعليل قاصر ولا يُعدّ تعليلاً واما تور يشلّي فراى ان صعود الماء الى انبوبة الطلمبا هو من قبل استخراج الهواء من داخلها ثم ضغط الهواء الخارجي على سطح الماء وراى انهُ اذا كان ذاك صحيحًا يصح في مائع اثقل من الماء ايضًا وان ذلك المائع الثقيل لا يصعد الى درجة ما يصعد اليها الماء وان صعودهُ يكون حتى يوازن العمودُ داخلَ الانبوب ضغطَ الهواء

خارجهُ . قال اذا كان ضغط الهواء برفع الماء ٣٢ قدمًا يقتضي ان يرفع الزيبق ثلاثين قيراطًا او ٧٦٠ مليمترًا لان الزيبق اثقل من الماء على هذه النسبة وكان امتحانهُ هذا الامر على هذه الكيفية

العملية الثانية والثلثون . خذ انبوبة زجاجيّة طولها ٣٠ قيراطًا مسطومة من الطرف الواحد ومفتوحة من الطرف الآخر واملأها زيبقًا وسد الطرف العلوي باصبعك ثم اقلب الانبوبة واغمس الطرف المفتوح في صحن زيبق كما في شكل ٣١ فترى الزيبق قد هبط قليلاً في الانبوبة حتى بقيت فسحة فوق سطحهِ خالية اي ضغط الهواء على سطح الزيبق ليس بكافٍ

شكل ٣١

لانهاض عمود الزيبق الى اعلى الانبوبة ولكنهُ كافٍ لانهاضهِ الى علو ٢٨ قيراطًا او ٧٦٠ مليمترًا لان ٣٢ قدمًا = ٢٨ قيراطًا × ٢/١ ١٣ والزيبق اثقل من الماء ٢/١ ١٣ مرة والفسحة فوق سطح الزيبق في الانبوبة فارغة فراغًا تامًا وهي الفراغ التوريشلي نسبةً الى توريشلي المشار اليهِ وليس لنا سبيل لاحداث خلاء او فراغ اتم من ذلك وهذا مبدأ البارومتر المعول عليهِ لاجل قياس ضغط الهواء

(٣٥) ثم ان پاسكال تقدم في البرهان خطوة اخرى وثبَّت راي توريشلي اثباتًا لا يقبل الفساد قال اذا كان علو الزيبق في الانبوبة متوقفًا على ضغط الهواء على سطحهِ في الوعاء فالامر ظاهر انهُ اذا نُقل الى موضع مرتفع يهبط الزيبق بالنسبة الى الارتفاع لانهُ كلما ارتفع قصر عمود الهواء وخف ضغطهُ فنقل الآلة الى راس جبل فكان كما قدَّر اي هبط الزيبق في الانبوب وظهر التعليل الحقيقي عن سبب ارتفاع سيال في انبوب أُخرج الهواء منهُ وسبب وقوفهِ على علو مفروض حتى لا يمكن اصعادهُ اكثر من ذلك بواسطة ضغط الهواء

(٣٦) اذا عرفت درجة علو الزيبق على شاطئ البحر وعرفت كم يهبط كلما ارتفع مئة قدم يمكنك ان تستعلم علو جبل بواسطة هبوط البارومتر اذا نُقل الى قمتهِ لان عمود الهواء اذا كنت على شاطئ البحر يوازن عمود من الزيبق علوهُ ٣٠ قيراطًا

او ٧٦٠ مليمترًا واذا صعدت الى راس جبلٍ عالٍ يكون عمود الهواء قد قصر بمقدار علو الجبل فيخسر شيئًا من ضغطهِ حتى يوازن عمودًا من الزيبق علوهُ ٢٥ قيراطًا مثلاً

ومن فوائد البارومتر ايضًا الانباء بتقلبات احوال الجوّ اي الطقس فان هبط الزيبق يدل على تخفيف ضغط الهواء وذلك يسبق غالبًا اشتداد الرياح وحدوث الانواء واذا ارتفع يدل على ثقل الهواء وزيادة ضغطهِ وذلك يدل غالبًا على السكون والصحو

وقد اصطنعت انواع شتى من البارومتر منها ما يصلح للثبوت في موضع واحدٍ ومنها ما يصلح للنقل من موضع الى آخر ولكنها جميعها مبنية على مبدا ضغط الهواء اما على سيال واما على معدن ولا يسعنا هذا المختصر حتى نمدّ الشرح في هذا الشان

(٣٧) مفرغة الهواء . طلنبا الهواء

كيفية فعل هذه الآلة تتضح من الشكل الثاني والعشرين وهي صحن او بلاطة نحاسية تقف عليها قابلة ب ومن البلاطة انبوبة متصلة بانبوبة ذات اسطوانة ا ضابطة فيها وفي اسفلها مصراع د فاتح الى الاعلى وفي الاسطوانة مصراع ر

شكل ٢٢

فانتح الى الاعلى ايضًا والامر ظاهر انهُ اذا أُنزلت الاسطوانة ينطبق المصراع الاسفل وينفتح المصراع الاعلى حتى يخرج الهواء الذي بينهما ثم عند سحب الاسطوانة الى فوق ينطبق الاعلى بضغط الهواء الخارجي وينفتح الاسفل ويخرج الهواء من ب لكي يملأ الخلاء الحادث بين المصراعين برفع الاسطوانة ثم عند تنزيل الاسطوانة ايضًا ينطبق الاسفل وينفتح الاعلى ويخرج الهواء الذي بينهما وكلما تكرر العمل يخرج شيء من الهواء الذي في القابلة حتى لا يعتدّ بالباقي ولا يُخرَج كلهُ بسبب مرونتهِ كما تقدم . وقد استنبطوا اشكالاً كثيرة لهذه الآلة غير ان مبدا الجميع واحد وهو كما اوضحنا آنفًا

ولنفرض ان سعة القابلة اربعة امثال سعة الانبوبة ذات الاسطوانة وان في الوعاء كلهِ ١٠٠ سنتيمتر مكعب من الهواء فيكون ٨٠ منها في القابلة و٢٠ في الانبوبة عند رفع الاسطوانة الى اعلى الانبوبة وعند تنزيل الاسطوانة يكون تلك العشرون جزءًا قد خرجت الى الهواء الخارجي ويبقى في القابلة ٨٠ ثم عند رفع الاسطوانة تخرج ١٦ جزءًا من القابلة ويبقى فيها ٦٤ جزءًا وتلك الاجزاء الستة عشر تخرج الى الهواء الخارجي عند تنزيل الاسطوانة . في الضربة الاولى قلّ الهواء في القابلة على نسبة ٤/٥ اي ١٠٠ × ٤/٥ = ٨٠ وفي الثانية ٨٠ × ٤/٥ = ٦٤ وفي الثالثة ٦٤ × ٤/٥ = ٥١١/٥ وهلمّ جرًّا وعلى هذا النسق لا يخرَج الهواء كلهُ

من القابلة ولكن العمل ينتهي فعلاً عند تلطف ما بقي من الهواء في القابلة بحيث لا يكفي ضغطهُ لرفع المصراع الاسفل عند انهاض الاسطوانة الى اعلى الانبوبة

(٢٨) طلنبا الماء المنهضة

قد تقدم ان ضغط الهواء يوازن عمود من الزيبق طولهُ نحو ٣٠ قيراطًا ويوازن عمودًا من الماء طولهُ نحو ٣٠ قدمًا لان الماء اخف من الزيبق جرمًا لجرم وعلى هذا المبدا اصطنعت الآلة المستخدمة لرفع الماء المعروفة بالطلنبا الرافعة او المنهضة وهي نتضح من الشكل الثالث والعشرين. لها انبوبة نازلة الى الحوض او البئر التي فيها الماء وعلى راس الانبوبة ﺗﺤﺘًﺎ مصراع فاتح نحو الاعلى ثم اسطوانة ضابطة لها ايضًا مصراع فاتح نحو الاعلى ولا فرق بينها وبين مفرغة الهواء من جهة التكوين. اذا أُنزلت الاسطوانة فالضغط يطبق المصراع الاسفل والهواء الذي بين المصراعين يخرج من المصراع الاعلى ثم اذا رُفعت الاسطوانة ينطبق المصراع الاعلى بضغط الهواء عليهِ ويتكوَّن خلاء بين المصراعين فيصعد الماء بضغط الهواء الخارجي على

سطحهِ في البئر ثم عند تنزيل الاسطوانة ايضاً ينطبق المصراع الاسفل ويفلت الماء الذي بينهما من المصراع الاعلى حتى يصير فوق الاسطوانة وعند انهاضها ينهض حتى يخرج من الصنبور وهلمَّ جرًّا . غير انهُ لا يحدث ذلك بعدما يبلغ الماء علو ٣٠ قدماً لان عمود الهواء لا يوازن عموداً من الماء اعلى من ٣٠ قدماً ولو اخذت انبوبة من الزجاج دقيقة طولها ٣١ قدماً وغمست طرفاً منها عمودياً في ماء ومصصت بفمك من الطرف الآخر يصعد الماء فيها الى علو ٣٠ قدماً لا اكثر على شرط وضع الانبوبة عمودياً واذا وضعتها مائلة بحيث لا يكون الطرف الواحد اعلى من الثاني اكثر من ٣٠ قدماً عمودياً يصعد الماء فيها اذا تفرغ الهواء منها بالمص مهما كان طولها

(٢٩) اذا قصدت رفع الماء الى علو فوق ٣٠ قدماً يقتضي ان تضيف الى الطلنبا المنهضة قوةً دافعة كما في شكل ٢٤ ترى المصراع الاعلى ممكَّناً في الانبوبة عوضاً عن كونها في الاسطوانة كما في الطلنبا المنهضة فعند رفع الاسطوانة يصعد الماء الى فوق المصراع الاعلى ويملأُ الفسحة بينها وبين الاسطوانة ثم عند تنزيلها ينطبق المصراع الاعلى وينسدُّ

على الماء كل باب للانفلات من الاسفل فيندفع الى الانبوب الجانبي واذا تكرر العمل يرفع الى اي علوٍ شئت ويمنع رجوعهُ بالمصراع ل الموضوع عند متصل الانبوبة الجانبيَّة بالاخرى وينحُ الى الخارج

اذا تُرِكت الطلنبة مدة بدون استعمال ربما يجف الجلد الملفوف على الاسطوانة او المصطنعة منهُ المصاريع فيقتضي صبٌّ قليل من الماء في الانبوب حتى تبتل الاسطوانة والمصاريع فتضبط

(٤٠) المصّ

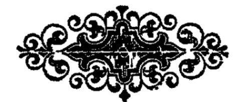
مبداؤهُ فعل الجاذبية وضغط الهواء وهو انبوبة عكفاء ساقٌ منهُ اطول من الساق الآخر كما ترى في الشكل الخامس والعشرين املأ الانبوبة ماء او من السيال الذي تريد نقلهُ من وعاء الى وعاء آخر وسدَّ طرفيها سدًّا محكمًا ثم اغمس طرف الساق القصيرة في الوعاء المطلوب

شكل ٢٥

تفريغهُ واجعل الطرف الآخر فوق وعاء آخر يُفرَّغ فيهِ ثم عند فتح الطرفين يأخذ الماء يجري من الساق الطويلة حتى يفرغ الوعاء الذي فيهِ الساقُ القصيرة تماماً ولا نذكر هنا التعليل عن هذا العمل بل نترك ذلك لفطنة الطالب الحاذق

يُصنع ممص من شلة خيطان وخصلة من خيوط الغزل غير شديدة الفتل اذا أُدخل طرف منها في وعاء وتدلى خارج الوعاء قسمٌ اطول من الذي داخل الوعاء ونترك التعليل عن ذلك ايضاً لفطنة الطالب

(٤٠) بعض الاجسام و بعض المائعات تمص الغازات وتحفظها على كميات مختلفة مثال ذلك الفحم فانهُ يمص جانباً من عدة غازات اذا عُرِضت لهُ ولذلك تصلح بهِ الروائح الفاسدة لانهُ يمص الغازات التي منها تلك الروائح والماء يمص الحامض الكربونيك واذا مص منهُ جانباً وافراً سُمي ماء الصودا لانهُ اصطُنع اولاً من كربونات الصودا واذا مص جانباً من غاز الامونيا فهو ماء الامونيا واذا مص جانباً من غاز الحامض الهيدروكلوريك فهو الحامض الهيدروكلوريك المائي



الفصل الثامن

في الاجسام المتحركة

(٤١) النشاط

ذُكر في الجزء الاستفتاحي نمره ٣٥ ان نشاط جسم متحرك يقاس بالشغل الذي يستطيع ان يعملهُ في وقتٍ مفروض وذُكر في اول هذا الجزء نمره ١ بعض الامور المتعلقة باحوال الاجسام بين حركة وسكون وحرارة و برد اي ان الطبيعي يعتبر احوال الاجسام وفعلها من حيثية كونها متحركة او ساكنة حارّة او باردة وانها قد تكون كثيرة النشاط مثل القنبلة المتحركة المندفعة من مدفع او الحجر الساقط عن شاهق او عديمة النشاط مثل القنبلة المرمية على وجه الصحراء او الحجر المستند على الارض

لاجل سهولة الدرس والامتحان والوصف يُقسم النشاط اي القوة الى ثلاثة اقسام كبرى وهي

(١) نشاط الحركة الظاهرة مثل نشاط قنبلة مندفعة من مدفع ونشاط الريح اي الهواء المتحرك ونشاط الماء الجاري ونشاط خفي كالنشاط المختفي في صهريج ماء وفي قوس موتورة وزنبرك ساعة وحجر مسنود على حافة هوّة

(٢) نشاط الحركة المختفية كما يظهر في احالة الماء بخارًا بواسطة الحرارة ونشاط الاهتزاز كما في اهتزاز الهواء المحدث صوتًا او اهتزاز تلك المادّة المالئة الكون التي يحدث من اهتزازها نور او حركة دقائق الاجسام بعضها على بعض تلك الحركة السريعة المحدثة حرارةً

(٣) النشاط الكهربائي والنشاط الكيمي ولا يسعنا هذا المختصر ان نذكر هذه الاقسام بالتفصيل بل نذكر عنها ما يدل على اعتبارها في الطبيعة وما يغري الطالب في طلب معرفتها باكثر تدقيق

(٤٢) قياس النشاط هو الشغل المعمول بهِ او المستطاع بهِ

الرجل النشيط هو الذي طابت نفسهُ للعمل او القادر على عمل والمادّة النشيطة هي القادرة على عملٍ ونقيس النشاط بالعمل الذي يتممهُ . مثالهُ مَن حمل حملاً ربع ساعة يعمل عملاً وهو ذو نشاط ومن حمل ضعف ذلك الحمل ربع ساعه كان نشاطهُ ضعف نشاط الاول ومن حمل ضعفهُ نصف ساعه كان نشاطهُ اربعة اضعاف نشاط الاول ومن رفع ثقلاً قدمًا واحدًا عمل عملاً ومن رفعهُ قدمين عمل ضعف شغل الاول ومن رفعهُ ثلاثة

اقدام فثلاثة امثال الاول . ورفع رطلين قدماً يستلزم ضعف النشاط الذي يستلزمهُ رفع رطل واحد قدماً فان ضربت عدة الارطال في عدة الاقدام التي رفعتها فلك عبارة عن الشغل المعمول

ثم لنفرض مدفعاً مداراً فوهُ الى فوق عمودياً وانهُ رمى قنبلةً وزنها ١٠٠ وقية بسرعة غلبت الجاذبية حتى انتهت الى علو ١٠٠ قدم قبلما عادت ساقطةً فلنا ١٠٠ × ١٠٠ = ١٠٠٠٠ عبارة عن نشاطها اي نشاط كافٍ لرفع ١٠٠٠٠ وقية قدماً ثم لنفرض زيادة البارود في المدفع حتى يدفع القنبلة نفسها بزيادة السرعة حتى تبلغ ١٥٠ قدم علوًّا فلنا ١٠٠ × ١٥٠ = ١٥٠٠٠ اي كلما زادت السرعة زاد العلو الذي تبلغهُ القنبلة وتلك عبارة دالة على زيادة الشغل وبالنتيجة الضرورية على زيادة النشاط

(٤٣) نشاط جسم متحرك هو متناسب الى مربع سرعتهِ

اي اذا ضعفتَ سرعتهُ زدتَ نشاطهُ اربعة امثال واذا رميت جسماً الى الاعلى بسرعة ١٠ اقدام في الثانية وآخر بسرعة ٢٠ قدماً في الثانية فالثاني يرتفع اربع مرات العلو الذي يرتفع

اليهِ الاول ولو زدت السرعة ثلاثة امثال لارتفع تسع مرات
علو الاول وقس على ذلك اعني ضعف السرعة يزيد الشغل
اربع مرات وثلاثة امثال السرعة يزيد الشغل تسعة امثال

ومن جهة نشاط قنبلة او كلّة او رصاصة لنا قياس آخر
غير ارتفاعها في الجوّ وهو غلظ لوح الخشب او الحديد الذي
تنفذ فيهِ فاذا وضعت عدة الواح من غلظ واحد ملامسة بعضها
بعضاً ورميتها برصاصة سرعتها كافية لانفاذها في لوحين منها ثم
رميتها برصاصة سرعتها ضعف سرعة الاولى تراها تنفذ في اربعة
الواح واذا جعلت سرعة الرصاصة الثالثة ثلاثة امثال سرعة الاولى
تنفذ الرصاصة في تسعة الواح اي النشاط متناسب الى مربّع
السرعة كما قلنا

(٤٤) النشاط المختفي او المحفوظ

اذا رُمي جسمٌ الى فوق بسرعة زائدة يكون لهُ مقدار من
النشاط ممكن استخدامهُ بآلة مناسبة لعمل شغل غير انهُ كلما
ارتفع قلّت سرعتهُ حتى تنفذ بالتمام ويقف لُحيظةً ثم يخضع للجاذبية
ويعود ساقطاً ولنفرض انهُ عند ذلك تعلق براس شاهق وهدأ
هناك بدون ميلٍ الى حركة فنسأل اين ذهب النشاط الذي
ابتدأ بهِ عند اول صعودهِ هل ضاع من الكون ولم يُبقِ عوضاً .
كلاَّ . لان الجسم وهو معلّق براس الشاهق وان لم يكن لهُ نشاط

الحركة لهُ نشاط من نوع آخر ناتج عن وضعهِ في راس الشاهق اذ يمكنك في اي وقت اردت ان تفلتهُ حتى يقع على شيء يسحقهُ او يدير في هبوطهِ دولابًا او ما مثل ذلك . اعني ان نشاط الحركة قد تحوَّل الى نشاط مختفٍ وهذا النشاط المختفي تحوَّله الى نشاط ظاهر ايضًا بازالة المانع لسقوطهِ فينتهي الى الارض بسرعةٍ تكسبهُ نفس النشاط الذي ابتدا بهِ لما دُفع الى فوق

ولاجل زيادة الايضاح لنفرض ان رجلين متساويين نشاطًا يتراشقان بحجارة احدهما مع حجارتهِ على سطح بيت والآخر مع حجارتهِ واقف على الارض فالامر ظاهر ان الذي على السطح يغلب الذي على الارض ليس لزيادة نشاطهِ لاننا فرضناهما متساويين نشاطًا بل أُضيف الى نشاطهِ كل نشاط الحجارة الساقطة ونشاط حجارتهِ اكثر من نشاط حجارة الواقف على الأرض بسبب ارتفاعها

او لنفرض مطحنتين احداهما كتف مائها عالٍ والاخرى كتف مائها على نصف علو الاخرى فالامر ظاهر مما تقدم ان زخم الماء في الاولى تفعل اربعة امثال ما يفعلهُ زخم الماء في الثانية فيدير الرحى اربعة امثال سرعة الثانية ويعمل اربعة امثال شغل الثانية

ومثل المطحنة التي يديرها الماء المطحنة التي تديرها الريح لان الريح بمثابة القنبلة اي نشاطها نشاط جسم متحرك والريح

الصادمة شراع المطحنة الهوائية بمثابة الماء الصادم فراش المطحنة المائية غير ان الريح ليست خاضعة لارادة الانسان اما الماء فيستطيع ان يحصرهُ في برك وصهاريج حتى يستخدمهُ متى شاء و يوفر فعلهُ متى شاء

الفصل التاسع

في الاجسام المرتجَّة

(٤٥) الصوت

السكوت التام يستلزم عدم الصوت تمامًا وقلما يتم احدٌ في تلك الظروف . قيل عن الذين صعدوا الى قمم الجبال العالية وعن الذين انحبسوا مدة بين الثلوج في نواحي القطب الشمالي انهُ من ارعب الظروف في تلك النواحي السكوت التام المستولي عليها احيانًا وعلى الغالب لا تنقطع عنا الاصوات المختلفة لا ليلاً ولا نهارًا ودرس قوانين الصوت وشرائعهِ من اهم الامور والذها عند الطبيعيين

(٤٦) الجسم الذي يغير موضعهُ كل لحظة متحرك لا محالة ولكن الحركة لا تستلزم تغيير الموضع . ترى البكرة التي يجرّ عليها الحبل سريعة الحركة بدون تغيير موضعها

العملية الثالثة والثلثون . اركز طرف شريط فولاذ في خشبةٍ وانقف الطرف الآخر باصبعك تراهُ يهتز و يرتجف اي يتحرك بسرعةٍ كرًّا وفرًّا ولكنهُ لا يتغير موضعهُ وتلك الحركة سُميت خطرانًا وحركة خطرانيَّة وارتجافًا وارتجاجًا ومثل حركة الشريط حركة الجرس والطبل عند طرقهما وكذلك وتر الكمنجة والجنك والقانون والعود والخيط المشتدّ اذا ضُرِب واذا شددت حبلاً من طرفيهِ وعلقت من وسطهِ قطعة قرطاس ثم ضربت الحبل او نقفتهُ تظهر سرعة ارتجاجهِ من سرعة حركة قطعة القرطاس

وهذه الحركة الارتجاجيَّة دالَّة على نشاط مثل الحركة من موضع الى موضع والدليل على ذلك كونها تنقل حركتها الى ما في جوارها واذا لمست الجسم المرتجّ تشعر بالحركة وهو يضرب الهواء الكروي في جوارهِ و ينقل حركتهُ الى دقائق الهواء الملامستهُ وتلك تنقل حركتها الى ما في جوارها فتمتدّ الحركة وتتسع حتى يطرق الارتجاج آلة السمع فتقول طرق الصوت مسمعي

الصوت او الحركة الارتجاجيَّة تحدث من اسباب كثيرة منها الطرق كما تقدم اي طرق جامد جامدًا ومن طرق سيال جامدًا ومن طرق سيال سيالاً ومن العرك مثل عرك القوس على الوتر ومن ملامسة جسم حامٍ جسمًا باردًا . وضع بعضهم على طريق العرض قطعة فضة حامية جدًّا على سندان

بارد فحدث صوت موسيقيّ وكذلك وضع بعضهم حديدة اللحام الحامية على قطعة رصاص باردة فحدث صوت حادّ واذا وضعت انبوبة زجاجية فوق لهيب الهيدروجين المشتعل يحدث صوت موسيقيّ ومرور المجرى الكهربائي في قضيب حديد معلق من وسطهِ يحدث صوتًا اذا جُعل طرف من طرفيهِ داخل لفّة حدّة

(٤٧) اللَغَط والصوت الموسيقيّ

اذا أُطلق مدفع يطرق تفرقع البارود (اي سرعة احالتهِ غازًا) الهواء واخيرًا يطرق تموج الهواء آلة السمع فنسمع صوتًا او لغطًا او دبكًا ولكن اذا كان الجسم الطارق الهواء في حالة الارتجاج يُكرّر الطرق مرارًا كثيرة في ثانية من الوقت وتطرق تلك الاصوات المتساوية المتكررة السريعة آلة السمع فنقول سمعت موسيقى اي الطرق الواحد الممتاز عن الآخر اعني بينهما مدة من الزمان يُشعر بها يحدث لغطًا والاصوات السريعة المتساوية المتكررة بينها مدّات متساوية تحدث الصوت الموسيقي

اذا طرق الجسم المرتج الهواء مرارًا قليلة في الثانية فالامر ظاهر ان الهواء يطرق آلة السمع مرارًا قليلة في الثانية واذ ذاك نسمع صوتًا عميقًا ويقول اهل الموسيقى نغمتهُ واطئة واذا طرق الجسم المرتج الهواء مرارًا كثيرة كل ثانية فالهواء يطرق آلة السمع مرارًا كثيرة في الثانية فنسمع صوتًا حادًّا ويقول اهل الموسيقى

نغمتهُ عالية . اعني ان النغمة الواطئة عبارة عن طرق آلة السمع مرارًا قليلة في الثانية والنغمة العالية عبارة عن طرق آلة السمع مرارًا كثيرة في الثانية

اذا طرق الارتجاج آلة السمع ١٦ مرة في الثانية ودون تمييز كل طرقة على حدتها و يُسمَع كل صوت منفردًا واذا كانت بين ١٦ و ٤٠٠٠٠ مرة في الثانية يُسمَع صوت موسيقي واذا كان فوق ٤٠٠٠٠ في الثانية لا يُسمع صوت موسيقي بل حسيس عالي النغمة و ٢٠٠٠٠ مرة في الثانية تحدث نغمة عالية و ٥٠ مرة في الثانية تحدث نغمة واطئة

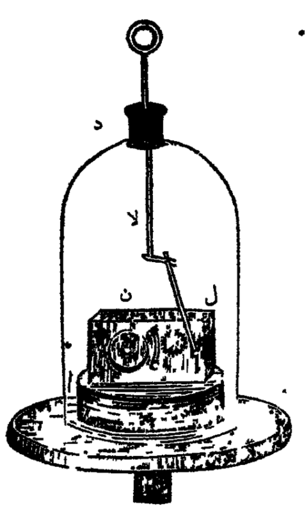
(٤٨) للصوت نشاط اي لهُ ان يعمل شغلاً

كثيرًا ما يحدث ان الطوبجية يعرضون انفسهم على الطبيب يشتكون من ثقل السمع وعند الفحص يُرَى ان الغشاء الطبلي للاذنين قد تمزَّق وذلك من كثرة طرقهِ بشدة ارتجاج الهواء من تكرار اطلاق المدافع بقربهما واذا تفرقع مخزن بارود بقرب بلد او أُطلق مدفع كبير بالقرب ينكسر الزجاج في الشبابيك من شدة ارتجاج الهواء اي الصوت الشديد ذو نشاط ولهُ ان يعمل شغلاً وان كان بئس الشغل

(٤٩) الصوت لا يحدث في الخلاء بل

يحتاج الى الهواء لاجل نقلهِ

الارتجاج يحدث في الخلاء ولكنهُ لايحدث صوتًا



الشكل ٣٦

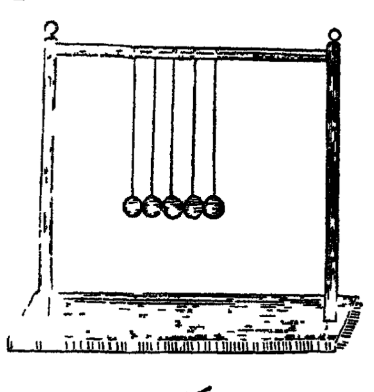
العملية الرابعة والثلثون ٠

ضع جرسًا او علبة موسيقية تحت قابلة على مفرغة الهواء كما في الشكل السادس والعشرين وبعد استخراج الهواء من القابلة ادر الآلة او اطرق الجرس فلا نسمع لهُ صوتًا وإذا اطلقت بارودة على راس جبل عالٍ فقلما يُسمع لهُ صوت بسبب لطافة الهواء هناك فيعجز عن نقل الارتجاج والامر ظاهر انهُ اذا كان الصوت من قبل طرق الهواء آلة السمع فحيث لا هواء هناك لا صوت

(٥٠) كيفية نقل الصوت في الهواء

اذا سمعت صوت جرس من بعيد فلا تزعم ان دقيقة الهواء التي طرقها ارتجاف الجرس هي نفسها انتهت الى اذنك وطرقت الغشاء الطبلي فاحدثت حاسة السمع بل تلك طرقت التي بجانبها وسكنت وتلك طرقت التي بجانبها وسكنت وهلمّ جرّاً فانتقل الارتجاج من دقيقة الى أُخرى على خط مستقيم حتى اخيراً طرقت الدقائق التي هي ملامسة الغشاء الطبلي في اذنك وكيفية هذا الانتقال يتضح من هذه العملية

العملية الخامسة والثلثون . علق عدة كرات بواسطة خيطان حتى تلامس الواحدة الاخرى كما في الشكل السابع والعشرين ثم ارفع الجانبية قليلاً وارخِها حتى تصدم التي بجانبها فهذه تصدم الثالثة والثالثة الرابعة والرابعة الخامسة



شكل ٣٧

وهي لكونها الاخيرة ولا بجانبها أُخرى لتنقل حركتها اليها تبعد عن التي طرقتها وعلى هذه الكيفية نقل الصوت بواسطة دقائق الهواء واذا وضعت على الارض كرتين احداها ملامسة الاخرى ومكنت احداها برجلك وطرقت الممكّنة بمطرقة فالاخرى تُدفع الى بعيد بالنسبة الى شدة الطرق اي الممكّنة نقلت نشاط الطرق الى المنفلتة كما هو ظاهر من دفعها الى بعيد

(٥١) سرعة حركة الصوت في الهواء

النور يتحرك في الكون على سرعة ١٨٦٠٠٠ ميل كل ثانية فاذا كانت المسافة ميلاً او ميلين لا يعتد بها واذا اضاء نور على تلك المسافة القصيرة منك تراهُ حالاً واما الصوت فليس على هذه السرعة بل بين حدوث الصوت واستماعهِ اي طرق ارتجاج الهواء آلة السمع مدة يُشعر بها وذلك يبرهن من ملاحظة لمعان النور عند اطلاق مدفع على بعدٍ منك لانك ترى النور مدة قبل استماعك صوت المدفع وكذلك ترى خفوق البرق مدةً قبل استماعك صوت الرعد واذا عرفت بعد المدفع عنك وعددت الثواني بين اللمعان واستماع الصوت تستعلم من ذلك سرعة حركة الصوت في الهواء ولنفرض بعد المدفع عنك ١١٠٠٠ قدم اي نحو ميلين وانك عددت عشر ثوانٍ بين رؤْية لمعانهِ واستماع صوتهِ فعلى ذلك تكون حركتهُ ١١٠٠ قدم في الثانية وقد وُجد

بالامتحانات المدققة المكررة في اماكن شتى تحت ظروف متنوعة ان الصوت ينتقل في الهواء في الظروف الاعتيادية ٣٣٢ مترًا كل ثانية

(٥٢) سرعة حركة الصوت في غاز غير الهواء تختلف باختلاف كثافة المادة

اذا كان الغاز اكثف من الهواء تكون حركة الصوت فيهِ ابطأ مثالهُ غاز الحامض الكربونيك فانهُ يتحرك فيهِ بسرعة ٢٦١،٦ مترًا في الثانية وكثافتهُ بالنسبة الى الهواء ١،٥٢٩ وفي الاكسجين ٣١٧،٣ مترًا كل ثانية وكثافتهُ ١،١٠٦ وفي غاز اكسيد الكربون ٣٣٧،٤ مترًا كل ثانية وكثافتهُ ٠،٩٦٨. وفي غاز الهيدروجين ١٢٦٩،٥ مترًا كل ثانية وكثافتهُ ٠،٠٦٩.

(٥٣) حركة الصوت في الماء وفي الجوامد أسرع من حركتهِ في الهواء

قد وُجد بامتحانات شتى أُجريت في بحيرة جنيفا من سويسرا ان سرعة حركة الصوت في الماء هي نحو اربعة امثال سرعتهِ في الهواء اي انهُ يتحرك في الماء على حرارة ٨° س ١٤٣٥ مترًا في الثانية واما حركتهُ في الجوامد مثل الحديد والخشب فبين ١٠ و١٦ مرّة سرعتهِ في الهواء اعني لو وضعت جسورة متلامسة

اطرافها على مسافة ميلين ووضعت اذنك على طرف واحد منها وخربش احدٌ بدبوس على الطرف الاخر لسمعت صوت الخربشة في اقل من ثانية من الوقت

(٥٤) الصَدَى او انعكاس الصوت

قد يتفق اطلاق مدافع على شاطئ البحر من السفن او من احدى المدن عند سفح الجبل والهواء ساكن فيتردد الصوت من الجبال والاودية على مسافات مختلفة من البعد فتعود اليك الاصوات الواحد بعد الآخر كانَّ صوت كل مدفعٍ مئة صوت تقريبًا وردُّ الصوت هذا هو ما سُمي صَدًى و بنت الجبل وهو علة مجاوبة برج محيّش للنادي وهذه الظاهرة حاصلة من ضرب ارتجاج الهواء او موج الهواء سطحًا وردهِ منعكسًا بصدّ ذلك السطح اياهُ وان وقع الصوت عموديًا على سطح كما من ا الى ب شكل ٣٨ يعود الى مصدرهِ اي الصوت الصادر من ا يصيب السطح عند ب فيردهُ ذلك السطح على الخط الذي اتى عليهِ ولو وقف متكلم على مسافة ٣٠

ا
ت
د
ب

شكل ٣٨

مترًا = ٢/١٦٥ قدمًا او نيف عن حائط وصوّت لسمع كل صوت صوّتهُ مردودًا اليهِ وإذا كانت المسافة ٤٢ مترًا يُرَد اليهِ كل لفظة مفردة وإذا كانت ٨٤ مترًا ترد اليهِ كل كلمة مركبة من سببين ثقيلين مثل زَيدُن وقس على ذالك

اذا صدر الصوت من ت شكل ٢٨ وإصاب السطح عند ب يرتد الى د بحيث تكون زاوية الوقوع ت ب ا = زاوية الانعكاس ا ب د اي زاوية الانعكاس تعدل زاوية الوقوع وسوف ترى ان قواعد انعكاس الصوت هي نفس قواعد انعكاس النور

العملية السادسة والثلثون . ضع مرآتين مقعرتين على هيئة ما رُسِم في شكل ٣٩ احداهما تجاه الاخرى على مسافة عدة اقدام وضع في محترق احداهما ساعةً ثم ضع اذنك في محترق الاخرى او طرف انبوبة متصلة باذنك فتسمع تكتكة الساعة بكل وضوح اي امواج الهواء الحادثة من حركة الات الساعة عند ا عند اصابتها السطح المقعر تنعكس على خطوط متوازية حسب القاعدة

شكل ٣٩

المذكورة آنفـًا وعند اصابتها السطح المقعر للمرآة الثانية تنعكس على تلك القاعدة نفسها فتجتمع التموجات كلها في ب

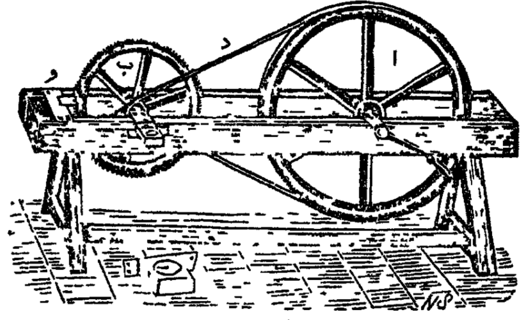
وهي محترق المرآة وإذا وضعت الاذن في تلك النقطة او وضعت فيها طرف انبوبة متصلة بالاذن تُسمع تكتكة الساعة بكل وضوح كما ذُكر

على هذا المبدا بُنيت بعض العقود والدهاليز مثل عقد في كنيسة جرجنتي من اعمال جزيرة سقلية . قيل ان مَن همس همسة عند الباب الغربي يُسمع خلف المذبح محل الاعتراف وبالعكس واتفق ان الواقف عند الباب المذكور سمع ما قيل في كرسي الاعتراف وفي اللوفر غرفة اذا همس فيها احد همسة من الجانب الواحد يسمعها بكل وضوح من وقف في الجانب المتقابل ولا يسمعها من وقف في محل آخر من الغرفة وفي كنيسة مار بولس في لندن تحت القبة تُسمع همسة من الجانب الواحد في الجانب الآخر من القبة

(٥٥) كيفية استعلام عدّة الاهتزازات او الارتجافات المحدثة صوتاً على نغمة مفروضة

قد اخترعوا لذلك عدة وسائط وآلات ومن افضلها آلة سافارت وهيئتها مرسومة في شكل ٢٠ وهي مبنية على المبدا المذكور آنفاً اي انهُ كلما كثرت الاهتزازات في الثانية كانت النغمة اعلى وبالعكس كلما قلت كانت النغمة واطئة والآلة المشار

اليها موٌلفة من دولاب كبير ا يدار بواسطة ركبة وعليهِ سير مشدود مارّ على دولاب آخر اصغر ب ذي اسنان وتلامس الاسنان قطعة كرتون حيث تصوّت كلما مرّ عليها سنٌ من



شكل ٣٠

الاسنان على محيط الدولاب ب فاذا كان عدد الاسنان مئة تُضرَب الكرتونة مئة ضربة كلما دار الدولاب دورة واحدة فنسمع مئة صوت واذا دارت مرة في الثانية نسمع مئة ضربة في الثانية واذا اسرعنا ادارة الدولاب الكبير تسرع دورة الصغير حتى اذا ادار عشر دورات في الثانية نسمع ١٠٠٠ ضربة واذا دار مئة دورة في الثانية نسمع ١٠٠٠٠ صوت في الثانية وبجانب الدولاب الصغير مقياس ه وعقرب دال على عدد الضربات فلنفرض المطلوب عدد الارتجاجات لوتر كمنجة مشدود لنغمة مفروضة. صوّت الوتر وادر الدولاب متسارعًا حتى يتفق الصوتان نغمةً

ولاحظ مدلول العقرب واستمر على ذلك دقيقة واحدة ولاحظ مدلول العقرب واسقط الاول من الثاني فتدل الفضلة على عدد الاهتزازات في الدقيقة ومن ذلك تستعلم عدد الاهتزازات في ثانية واحدة فلنفرض ان العقرب دل على ٦٠٠٠٠ ضربة في الدقيقة اي ١٠٠٠ في الثانية فلك ان ارتجاجات الوتر للنغمة المفروضة هي ١٠٠٠ في الثانية

قد وُجد بالامتحان ان اوطأ نغمة تميزها الاذن هي الحادثة من ٣٢ هزّة في الثانية واعلاها هي الحادثة من ٧٣٧٠٠ هزة في الثانية والنغمة الحاصلة من ذلك مؤلمة للسمع من تلقاء حدتها ولذلك تُستخدم في البواخر آلة تُسمى السيرين تصوّت بواسطة البخار اذا كانت الباخرة محاطة بضباب وخيف الاصطدام بسفينة اخرى



الفصل العاشر

الحرارة والاجسام الحامية

(٥٦) ماهية الحرارة

استفدنا مما تقدم ذكرهُ في الفصول السابقة ان الجسم المتحرك لهُ نشاط وان الجسم المرتج لهُ نشاط وان الجسم المرتج لا يتغير موضعهُ باعتبار جملته ولكن دقائقهُ متحركة حركة سريعة جدًّا كرًّا وفرًّا وفي هذا الفصل ندرس الاجسام الحامية اي العالية حرارتها

لنفرض كمية من الزيبق وكمية من الماء متعادلتين في الحرارة اي في كل واحدة منهما حرارة بحيث لا يزيد ما في الواحد عما في الآخر حرارةً واذا مزجا لا يعطي الواحد من حرارته للآخر فقيل اذ ذاك انهما على درجة واحدة من الحرارة ولكنا لم نستفد شيئاً بذلك من جهة معرفة ماهية الحرارة

ألقِ قطعة حديد في النار وعند ما تبيض من شدة الحرارة ألقِها في كفة ميزان وعيّرها بالتدقيق فان كانت الحرارة شيئاً دخلت في الحديد يقتضي ان يخف كلما برد بذهاب ذلك الشيء منهُ ولكن وزن القطعة لا تتغير عندما تبرد عما كان وهي حامية

فوجود الحرارة لا يزيد الحامي وزنًا وذهابها لا ينقصهُ

(٥٧) لنفرض انك جلست في كفَّة ميزان ضابط ووُضع في الكفة الاخرى عيارات توازن ثقلك تمامًا ثم قُطر بعض القطرات من الماء في اذنك فالامر ظاهر ان وزنك قد زاد بمقدار وزن قطرات الماء التي دخلت اذنك . ثم لنفرض انهُ دخل اذنك عوضًا عن الماء صوتٌ فالامر ظاهر انك لا تزيد بذلك وزنًا . نعم يطرق اهتزاز الهواء غشاء اذنك الطبلي وتسمع الصوت الحادث من ذلك ولكنك لا تزيد بذلك وزنًا . ولا يعسر عليك التعليل عن ذلك اي الماء مادة ذات وزن واضافتها الى جسمك زادهُ وزنًا ولكن الحركة الاهتزازية لا وزن لها ودخول الصوت انما هو دخول حركة اهتزازية ولا تزيد بذلك ثقلاً وما المانع من حدوث شيء نظير ذلك في الاجسام الحامية اي ما المانع من كون الحرارة نوعًا من الحركة المكرَّرة المفرة الخطرانية التي لا تزيد الجسم وزنًا

كل الدلائل تدل على ان الحرارة هي بالحقيقة نوع من الحركة اي حركة جواهر الجسم حركة خطرانية وعند ما يكون الجسم باردًا تكون تلك الجواهر ساكنة وعندما يحمى تتحرك كل جوهرة صغيرة حركة خطرانية او على دوائر ومن صغرها وسرعة حركتها لاسبيل للعين ان تميزها لا الجواهر ولا حركتها بل ما نسميهِ حرارة انما هي تلك الحركة

وربما تجيب قائلاً ان كان الامر على ما ذكرت فلماذا لا يصوّت الجسم الحامي اذا كانت جواهرهُ متحركة تلك الحركة السريعة ولماذا لا نطرق الهواء في المجاورة مثل اهتزاز الطابل او الجرس

فنجيب بل الجسم الحامي يطرق المادة المحيطة بهِ بسرعة عجيبة لا تُدرك ولكن ذلك الطرق ليس من النوع الذي تميزهُ الاذن حتى يحدث صوتًا بل تميزهُ العين اي يحدث منهُ نور و بين الجسم المصوّت مثل الوتر او الجرس والجسم الحامي الى درجة البياض مشابهة غريبة اي كلٌّ منهما دقائقهُ او جواهرهُ في حالة الحركة السريعة جدًّا ودقائق الجرس تطرق الهواء في جوارهِ وهو يوصل الطرق الى آذاننا ودقائق الجسم الحامي نطرق المادة المحيطة بهِ وتلك المادة توصل الطرق الى عيوننا فعند امتحان الاجسام المهتزة نعول على الاذن وعند امتحان الاجسام الحامية نعول على العين . وكما اننا في درس الصوت اقتضى ان نبحث (١) عن الاجسام المهتزة نفسها وسرعة اهتزازها وطريقتها و (٢) عن سرعة انتقال الصوت الذي يحدث في الهواء هكذا في درس الاجسام الحامية يقتضي ان ندرس (١) الاجسام نفسها و (٢) سرعة انتقا ل شعاع النور والحرارة الخارجة منها ان كان في الهواء او في الخلاء

(٥٨) تمدّد المواد بالحرارة

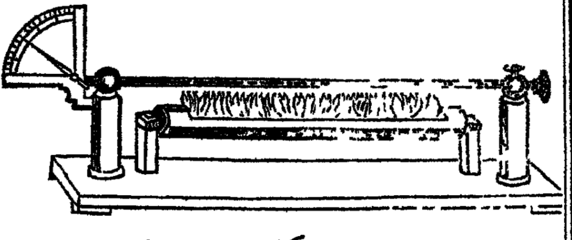
قد سبقت الاشارة في الجزء الاستفتاحي نمره ٥٢ الى كون الحرارة نوعًا من الحركة وذُكرت ايضًا في ذلك الجزء امثلة تدل على تمدد المواد بالحرارة والمعنى انهُ اذا أُحمي جسم يزيد حجمهُ ولنمتحن ذلك في جامد ومائع وغاز

العملية السادسة والثلثون . خذ كرةً من الحديد او النحاس كما في شكل ٢١ وحلقة معدنية من حديد او نحاس تحيط بالكرة تمامًا ثم

شكل ٢١

احمِ الكرة قليلاً فتراها كبرت عن الدخول في الحلقة وكلما زدت في احمائها زاد قطرها وضاقت عليها الحلقة

العملية السابعة والثلثون . خذ قضيبًا معدنيًا من حديد او نحاس وركبهُ كما في الشكل ٢٢ بحيث يمكن طرف منهُ و يتصل



شكل ٢٢

الطرف الآخر بعقرب يتحرك على قوس مقسوم درجات او مليمترات ثم احمِ القضيب بقناديل تحتهُ فيتمدد بالحرارة ولكون الطرف الواحد متمكنًا يطول الى جهة الطرف الآخر منهُ فيحرك العقرب على المقياس ثم متى رُفعت القناديل و برد القضيب يعود الي طولهِ الاول و يعود العقرب الى مدلولهِ الاول

العملية الثامنة والثلثون . خذ انبوبة ذات بلبوس كما في شكل ٣٣ ملآن ماء ثم احمِ البلبوس فترى الماء يصعد في الانبوبة من تمددهِ بالحرارة وعند نزع الحرارة يعود الى حالهِ الاول

العملية التاسعة والثلثون . خذ الانبوبة المستعملة في العملية السابقة واغمس طرفها تحت سطح الماء في كوبة وابقِ في البلبوس هواء ثم احمِ البلبوس فترى الهواء فيهِ يتمدد و يطرد الماء من البلبوس ومن الانبوبة

شكل ٣٣

العملية الاربعون . خذ مثانة حيوان (او كيس جلد) فيها هواء على مقدار ثلثي سعتها ثم احمِها امام النار وقلّبها حتى لا تحترق فترى الهواء فيها يتمدد حتى تنتفخ الى اقصى درجة احتمالها

شكل ٣٤

وهذه العمليات امثلة لتمدد جامد ومائع وغاز بواسطة الحرارة

وكل الاجسام تتمدد بها الى كل الجهات اي تزيد مساحتها طولاً وعرضًا وعمقًا

(٥٩) قياس الحرارة . الترمومتر

اذا امتلأ بلبوس ذو انبوبةٍ شعرية زيبقًا وأُحمي يتمدد زجاج البلبوس ويتمدد الزيبق داخلهُ غير ان الزيبق يتمدد اكثر من الزجاج ويظهر تمددهُ بصعودهِ في الانبوبة الشعرية ولكونها شعرية دقيقة جدًّا يظهر اقل تمدد في الزيبق وتكفي حرارة اليد لاصعاد الزيبق في الانبوبة واقل برد يهبطهُ فيها وهذه الآلة تصلح لقياس الحرارة السبية اي لكي نستعلم عن مادة مفروضة أهي اكثر او اقل حرارة من غيرها وهي ادق من حاسَّة اللمس وتميّز تغيرات في الحرارة لا يميزها اللمس واذا غمست البلبوس في ماء مثلاً وتركتهُ بعض الدقائق يستقرُّ الزيبق على درجةٍ من العلو في الانبوبة ثم انقلهُ الى وعاء آخر فيهِ ماءٌ او سيال آخر فان كانت حرارتهُ اكثر من حرارة الاولى يصعد الزيبق في الانبوبة وان كانت اقل يهبط فيها فتدل الآلة على ايهما اكثر حرارة

(٦٠) لاجل اصطناع الترمومتر الزيبقي خذ انبوبة شعرية ذات بلبوس واحمهِ حتى يُطارَد الهواء منهُ ومن الانبوبة ثم اغمس طرف الانبوبة قبل ان تبرد في الزيبق فعندما يبرد البلبوس يتكوَّن فيهِ خلاء وضغط الهواء الخارجي على سطح الزيبق يدفعهُ

في الانبوبة كما دفع الماء في طلنبا الماء (نمره ٢٨) ويدخل بعضهُ في البلبوس ثم احمِ البلبوس والزيبق الذي فيهِ والانبوبة في لهيب قنديل حتى يغلي الزيبق ويطرد بخارهُ الهواء الباقي في البلبوس وفي الانبوبة ويملأها ذلك البخار عوضًا عن الهواء وفي تلك الحالة اغمس طرف الانبوبة في وعاء الزيبق ثانيةً فيعود البخار زيبقًا ويدخل الزيبق من الوعاء الى الانبوبة والبلبوس لكي يملأ الخلاء وما دام الكل حاميًا والانبوبة ملآنة الى طرفها ارم لهيب بوري على طرفها وسدهُ بتذويب الزجاج حتى لا يعود يدخلهُ هواء ثم اغمس البلبوس في جليد مسحوق آخذ بالذوبان وانظر كم يهبط الزيبق في الانبوبة وعندما يستقر ضع على الانبوبة علامة تجاه سطح الزيبق داخلها لان الزيبق في تلك الانبوبة يستقر دائمًا على تلك العلامة اذا وُضع البلبوس في جليد آخذ بالذوبان او اذا كانت حرارة الهواء تعدل

شكل ٣٥

حرارة الجليد الذائب. ثم اغمس البلبوس في الماء الغالي فيصعد الزيبق في الانبوبة وبعد ما يستقر ضع على الانبوبة علامة تجاه سطح الزيبق في داخلها لانهُ يستقر دائمًا على ذلك الحد اذا

غُمس في الماء الغالي او كانت حرارة الهواء تعدل حرارة الماء الغالي

تنبيه ❊ درجة غليان الماء ليست ثابتة تمامًا لانها تهبط كلما ارتفع الماء فوق سطح الارض كما ستعلم ولا نلتفت الى ذلك الآن بل نحسب درجة الغليان ثابتة او ان الثرمومتر على مساواة سطح البحر او قريب اليها

صار معنا على الانوبة علامتان واذا جعلت العلامة السفلى صفرًا والعليا ١٠٠° وقسمت ما بينهما ١٠٠° درجة متساوية فلك ثرمومتر سلسيوس او السنتكراد . واذا جعلت السفلى صفرًا والعليا ٨٠° وقسمت ما بينهما ٨٠° درجة متاوية فلك ثرمومتر ريومور واذا جعلت السفلى ٣٢° والعليا ٢١٢° وقسمت ما بينهما ١٨٢° درجة متساوية فالك ترمومتر فاهرنيهت . انظر شكل ٢٥

اذا وضعت الانبوبة على مقياس من الخشب او من مادة معدنية تُقسم الدرجات علي ذلك المقياس واذا اردت ان نقسمها على الانوبة نفسها يقتضي ان تغمسها في شمع سائل حتى تكتسي به كسوة رقيقة ثم علّم على الشمع بابرة و بلّغ العلامات الى الزجاج تحت الشمع ثم اغمس الكل في حامض هيدروفليوريك وهو لا يفعل بالشمع ولكنهُ ياكل الزجاج و بعد مدة وجيزة تجد الحامض المشار اليهِ قد ترك عضّةً في كل موضع بلغت فيهِ الابرة الزجاج اي ازالت الشمع عنهُ

اذا استقر الزيبق على ٣٠° سنتكراد فذلك حرارة معتدلة اعتيادية = نحو ٦٨° ف . و٣٨° سنتكراد = نحو ٩٨° ف = حرارة الدم الاعتيادية

تنبيه ❊ كل اربع درجات من قياس ريومور = ٥° سنتكراد = ٩° فاهرنهيت اي

ف = $\frac{٩ س}{٥}$ + ٣٢ وس = (ف — ٣٢) × $\frac{٥}{٩}$ ور = $\frac{٤ س}{٥}$

(٦١) بين الجوامد المختلفة تفاوت من جهة مقدار تمدّدها بالحرارة اي بعضها يتمدد اكثر من البعض

لاجل امتحان مقدار تمدد الجوامد بالحرارة اصطنعوا منها قضبانًا بواسطة عملية نظير السابعة والثلثين استعملوا مقدار تمدد كل صنفٍ بين صفر و ١٠٠° س وكان كما في هذه القائمة اي قضيب طولهُ واحد على صفر صار على ١٠٠° كما هو تجاه اسمهِ

الصنف	تمدد قضيب طولهُ واحد على صفر اذا أُحمي الى ١٠٠°
الزجاج	١٫٠٠٠٨٥٣
النحاس الاحمر	١٫٠٠١٧١٦
« الاصفر	١٫٠٠١٨٨٠

الصنف	تمدد قضيب طولهُ واحد على صفر اذا أُحمي الى ١٠٠°
حديد ليّن	١٠٠ . ١١٩٨.
حديد صب	١٠٠ . ١٠٩٠
فولاذ	١٠٠ . ١١٣٦
رصاص	١٠٠ . ٢٨١٨
تنك او قصدير	١٠٠ . ١٩٥٩
الفضة	١٠٠ . ١٩٢٣
الذهب	١٠٠ . ١٤٤١
البلاتين	١٠٠ . . ٨٠٧
الزنك	١٠٠ . ٢٩٧٦

اي اذا كان طول قضيب زجاج على صفر ذراعًا واحدة ثم أُحمي الى ١٠٠° س يصير طولهُ ذراعًا و $\frac{٨٥٢}{١٠٠٠٠٠}$ من الذراع وقس على ذلك البواقي

(٦٢) تمدد المائعات بالحرارة

المائعات لا تُصنع منها قضبان حتى يُمتحن بها التمدد بالحرارة مثل الجوامد بل يقتضي احماؤُها في اوعية وتلك الاوعية تتمدد ايضًا بالحرارة ولذلك قسموا تمدد المائعات الى ظاهر وحقيقي . اما الظاهر فهو زيادة حجم المائع في وعاء يتمدد بالحرارة غير ان تمددهُ اقل من تمدد المائع . واما الحقيقي فهو تمدد المائع نفسهِ

بدون نظر الى الوعاء . فلنفرض مكيالاً معيّناً من المائع تحت الامتحان وليكن وقية واحدة مثلاً ولنأخذ منهُ ١٠٠٠٠٠ وقية على درجة الصفر اي درجة تجليد الماء ولنستعلم كم تزيد اذا أُحميت الى ١٠٠° اي درجة غليان الماء فلو أُخذ من الزيبق ١٠٠٠٠٠ وقية على درجة الصفر وأُحميت الى ١٠٠° س لصارت ١٠١٨١٥ اي زاد ١٨١٥ وقية ولو أُخذ من الماء عوضاً من الزيبق لزاد ٤٣١٥ وقية وقد وُجد بالامتحان المدقق ان لتمدد المائعات بالحرارة هذه القاعدة

تمدد المائعات بالحرارة هو اكثر من تمدد الجوامد بها على شرط كونها على درجة واحدة من الحرارة . والمائعات على درجات عالية من الحرارة اسرع تمددًا مما هي على درجات واطئة منها

(٦٣) تمدد الماء بالحرارة

الماء يجمد على صفر سنتكراد ثم اذا أُحمي وهو على درجة الصفر فلا يأخذ بالتمدد عند اول ارتفاع حرارتهِ بل يتقلص اكثر الى ان يبلغ ٤° س ومن ثم يتمدد كلما زادت الحرارة اي الماء على اعظم كثافتهِ اذا كان على درجة ٤° س واذا فرضنا جرمهُ وهو على ٤° س واحدًا يكون جرمهُ على دجات مختلفة من الحرارة كما

في هذه القائمة

حرارة	جرم
°٠	١،٠٠٠١٣
°٤	١،٠٠٠٠٠
°١٠	١،٠٠٠٣٧
°٢٠	١،٠٠١٧٩
°٣٠	١،٠٠٤٣٣
°٤٠	١،٠٠٧٧٣
°٥٠	١،٠١٢٠٥
°٦٠	١،٠١٦٩٨
°٧٠	١،٠٢٨٨٥
°١٠٠	١،٠٤٣١٥

(٦٤) تمدد الغازات بالحرارة

الغازات تتمدد بالحرارة ولكنها تتمدد ايضًا اذا ارتفع عنها ضغط الهواء الكروي كما رأيت من العملية ١١٥٣ فاذا قصدنا امتحان تمدد غاز بالحرارة يقتضي ان نفرض كونهُ تحت ضغطٍ معلوم من قبل الهواء الكروي وقد اعتمدوا على فرض الضغط ما كان في الفلاء على صفر وقد وُجد بالامتحان ان كيسًا ضابطًا فيهِ ١٠٠٠ قيراط مكعب من الهواء على صفر اذا أُحمي الى ١٠٠° يصير

١٢٦٧ قيراطًا مكعبًا وكيفية العمل ان تغمس الكيس الذي فيهِ ١٠٠٠ قيراط مكعب من الهواء في وعاء فيهِ ماء على صفر فيرتفع الماء في الوعاء مقدار ١٠٠٠ قيراط مكعب وهذه هي الزيادة من قبل غمس الكيس فيهِ ثم اغمس الكيس في الوعاء نفسهِ بعد وضع ماء على ١٠٠° فيهِ فتجدهُ يرتفع ١٢٦٧ قيراطًا مكعبًا اي الهواء تمدد هذا المقدار برفع حرارتهِ من صفر الى ١٠٠°

(٦٥) شدة فعل التمدد بواسطة الحرارة

ان المائعات والجوامد من تمددها بالحرارة تفعل افعالاً تدل على قوة زائدة ومن امثلتها انهُ اذا ملئت كرة حديد ماء ثم سُدَّت سدًّا محكمًا بلولب ثم أُحميت تنفجر بشدةٍ من تمدد الماء فيها وجوائز السكك الحديدية تحت حرارة الشمس تتمدد الى درجة تستلزم وضعها بحيث لا تمس الاطراف بعضها بعضًا بالتمام لئلاَّ تتزحزح من مواضعها بالتمدد . وفي اصطناع عجلات العربات تُحمى أُطُرها الحديدية حتى تتمدد ثم تتركب على العجلات وهي حامية واذا بردت تتقلص فتشتد اشتدادًا لا يُحصل عليهِ بواسطة أُخرى

اذا أُحمي قضيب حديد طولهُ متر واحد (٣٩،٣ قيراطًا) من صفر الى ١٠٠° س يصير طولهُ ١،١٧ من المتر واذا برد من ١٠٠° الى صفر يتقلص هذا المقدار نفسهُ وقد حُسب ان ذلك

يعدل ضغط ٢٤٥٠ كيلوكرام

(٦٦) الحرارة النوعية

ذكرنا آنفًا (نمره ٣٦) الكثافة النسبية او الثقل النوعي وبين المواد تفاوت عظيم من جهة مقدار الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارتها مقدارًا مفروضًا اي بعض الاجسام لرفع حرارتها درجةً واحدة تستلزم حرارة اكثر من البعض ومقدار الحرارة اللازمة لرفع حرارة مادة درجةً واحدة سُميت حرارتها النوعية وللماء حرارة نوعية فوق سائر المواد اي يقتضي لرفع حرارة رطل ماء درجة واحدة حرارة اكثر مما يقتضي لرفع حرارة رطل من سائر المواد درجة واحدة اي الحرارة اللازمة لرفع رطل ماء درجة ترفع تسعة ارطال حديد درجه واحدة او ١١ رطلاً من التوتيا او ٣٠ رطلاً من الزيبق او الذهب

العملية الحادية والاربعون . لاجل برهان زيادة حرارة الماء النوعية خذ وقيتين من الزيبق واحمِهِ الى ١٠٠° س اي الى درجه غليان الماء ثم اضفهُ الى وقية ماء على حرارة الهواء الاعتيادية ولاحظ الثرمومتر المغموس في الماء قبل اضافة الزيبق الحامي اليهِ وبعدهُ فترى ان حرارة الماء لم ترتفع اكثر من نحو ٥° من تلقاء اضافة الزيبق السخن اليهِ

(٦٧) تغيير الهيئة بالحرارة

ذكرنا في الفصل الرابع ان للهيولى ثلاث هيئات اي الجمودة والسيولة والغازيَّة وكل جامد اذا أُحمي يتحول اولاً الى مائع او سيال ثم الى غاز وذُكر في الجزء الاستفتاحي ان الجليد والماء والبخار المائي ثلاث هيئات لمادة واحدة وان الجليد اذا أُحمي يصير ماء والماء اذا أُحمي يصير بخارًا وهذه التغيرات نفسها تصيب اي جسمٍ كان اذا عومل هذه المعاملة نفسها . مثال ذلك خذ قطعة من المعدن المعروف بالزنك او التوتيا واحمِها فتراها اولاً تُصهر ثم اذا زدت الحرارة تصير على هيئة بخار الزنك وكذلك البزموث والانتيمون حتى الحديد والفولاذ ايضًا يتحول بخارًا بالحرارة و بواسطة المادة الكهربائية تتحول اية مادة كانت بخارًا

غير ان العمل لا يُعكس اي لا نستطيع ان نحوّل كل المواد الى مائعات او جوامد مثال ذلك الكحول الصرف فانهُ لم يتمكن احدٌ من احالتهِ عن حالة المائع الى حال الجمود ولكن القياس يدلنا على انهُ لو استطعنا ان نبرد الكحول بما يكفي لاستحال جامدًا وكذلك لم يستطع احد ان يحوّل الهواء الكروي مائعًا ولكن القياس يدل على انهُ اذا بردناهُ بما يكفي يستحيل مائعًا وعجزنا عن ذلك هو لعجزنا عن تخفيض درجة الحرارة بما يكفي . ولا تظن ان البرد شيءٌ قائم بنفسهِ بل انما هو نقصان الحرارة ومهما

برّدنا جسماً فلا بد من بقاء شيء من الحرارة فيهِ وحاسّة اللمس لا تكفي دليلاً في هذه الظروف وقد يحدث ان جسمين يكونان على درجة واحدة من الحرارة حسب مدلول الترمومتر وإن حاسّة اللمس تحكم بكون احدهما ابرد من الآخر . وإذا غمست يدًا واحدة في ماء حارّ والاخرى في ماء بارد في الوقت نفسه ثم غمستهما معًا في ماء على الحرارة الاعتيادية فالتي كانت في الماء البارد تشعر بحرارة والتي كانت في الماء الحار تشعر ببرودة فلا يجوز الاتكال على حاسة اللمس لاجل تمييز حرارة مادة او جسم بل يقتضي الاستعانة بالترمومتر ولا تظن ان البرد شيء غير نقصان الحرارة

(٦٨) ينتج مما تقدم قياسًا ان كل المواد اذا برّدناها بالكفاية تصير جوامد اي اذا نقصنا حرارتها بما يكفي ثم اذا أُحميت تعود مائعات ثم ابخرة غير انهُ بين المواد تفاوت كلي من جهة سهولة قبولها هذه التغيرات فالجليد يذوب سريعًا ويتحول ماء بحرارة قليلة وإما التوتيا والرصاص فيقتضي رفع حرارتها ٣٠٠° او ٢٠٠° حتى تتحول من الجمودة الى السيولة والحديد يستعصي اكثر من ذلك والبلاتين اشد من الحديد استعصاء على الاحالة بالحرارة من الجمودة الى السيولة وفي هذه القائمة درجة حرارة احالة بعض المواد مائعات

الجليد يصهر على ٠٠٠٥°

الفصفور يصهر	على	٤٤.٠٠°
شحم الحوت "	"	٤٩.٠٠°
البوتاسيوم "	"	٥٨.٠٠°
الصوديوم "	"	٩٧.٠٠°
القصدير "	"	٢٣٥.٠°
الرصاص "	"	٣٣٥.٠°
الفضة "	"	١٠٠٠°
الذهب "	"	١٣٥٠°
الحديد "	"	١٥٠٠°

اما البلاتين فدرجة اصهارهِ غير معروفة لعلوها والكربون اشدّ منهُ استعصاء واشدّ النيران لا تصهرهُ ولم يرَ احدٌ قط الفحم او الجمر سائحًا يجري من النار مائعًا مثل الحديد المصهور يجري من الكور والحاصل ان جميع المواد تتغير نوعًا بالحرارة ولو قدرنا ان ننقص الحرارة بما يكفي لصارت جميعها جوامد ولو استطعنا ان نرفع درجة الحرارة بما يكفي لاستحالت جميعها مائعات ثم ابخرة مثل بخار الماء والماء من هذه الجهة رمز ومثال يقاس عليهِ سائر المواد واذا درسنا الماء وتقلباتهِ وتغيراتهِ تحت الحرارة من حالة الجمودة على هيئة الجليد الى الحالة البخارية فلنا من ذلك قياس استقرائي نقيس عليهِ غيرهُ من المواد

(٦٩) حرارة الماء الخفيّة

اذا سُحق مقدارٌ من الجليد في ايام البرد الشديد وغُمس فيهِ بلبوس الثرمومتر ربما يهبط الزيبق الى ١٥° او ٣٠° تحت الصفر ثم اذا أُحمي الجليد ترتفع حرارتهُ مثل سائر الجوامد و يرتفع الزيبق غير انهُ متى انتهت الى صفر سنتكراد = ٣٢° ف لا يرتفع الزيبق اكثر من ذلك ولا يحط شعرة ما دام شيءٌ من الجليد غير مذوب وان سئل ما هو فعل كل تلك الحرارة ان لم ترتفع درجة حرارة الماء واين ذهبت نقول انها تذوّب الجليد وفي اول الامر تنصرف الحرارة الى رفع درجة حرارة الجليد الى صفر سنتكراد ثم بعد ذلك تنصرف الى تذويب الجليد ولا يذهب شيءٌ منها للماء مادام اقل شيء من الجليد موجودًا وتلك الحرارة سُميت حرارة خفيّة لانها غير ظاهرة بواسطة الثرمومتر ولك ان تحقق ما قيل بواضع جليد مسحوق في قدر على النار واذا غمست فيهِ الثرمومتر تراهُ على صفر و يبقى على ذلك حتى يذوب كل الجليد مهما قويت النار تحتهُ

(٧٠) حرارة البخار الخفيّة

بعد احالة الجليد ماء اذا ادمت الاحماء تصعد درجة حرارتهِ مثل سائر المواد والاجسام حتى تبلغ ١٠٠° سنتكراد =

٢١٢° ف اي درجة الغليان ونقف على ذلك ويتحول الماء بخارًا
درجةحرارته ١٠٠° لا اكثر وكل الحرارة الزائدة تنصرف الى احالة
الماء بخارًا وكما رأيت ان جانبًا كبيرًا من الحرارة انصرف الى
احالة الجليد ماء فاختفى هكذا ينصرف جانب كبير منها الى احالة
الماء بخارًا فيختفي وسُميت خفيةً لانها لا تظهر للترمومتر ولك ان
تحقق ذلك بغمس الترمومتر في الماء الغالي فتراهُ يصعد الى ١٠٠°
س ولا يرتفع اكثر من ذلك ولو جففت الماء كلهُ اي لو حولتهُ
كلهُ بخارًا . وقد وُجد بالامتحان ان الحرارة الخفيَّة اللازمة
لاحالة وقية جليد على صفر الى ماء على صفر هي كافية لرفع حرارة
٧٩ وقية ماء درجة واحدة فقيل ان حرارة الماء الخفية تعدل
٧٩ و يقتضي لاحالة وقية ماء على ١٠٠° الى بخار على ١٠٠° حرارة
كافية لرفع درجة حرارة ٥٣٧ وقية ماء درجة واحدة فقيل ان
حرارة البخار الخفية يعدل ٥٣٧

يقتضي لتذويب الجليد جانب من الحرارة ويقتضي لذلك
جانب من الوقت ايضًا وهذا من جملة مراحم الباري تعالى في
خلقهِ الكون وترتيبهِ اياهُ لانهُ لولا ذلك لتحول كل الثلج الساقط
على الجبال ماء في لحظة حالما ارتفعت الحرارة فوق صفر ستكراد
وكانت تطوف على السهول وتجرف الاتربة وتحمل الصخور وتقلع
الاشجار وتغرق القرى الضياع مع ما فيها من الناس والبهائم والرحمة
ظاهرة في المدة اللازمة لاحالة الماء بخارًا بعد بلوغهِ درجة الغليان

لانهُ لو احالت الماء بخارًا فجاءةً بعد بلوغ الحرارة درجة الغليان لانفجرت بقوة البخار كل خلقينة وكل وعاء ضابط وكانت الآلة البخارية غير ممكنة

ذُكر في الجزء الاستفتاحي (نمره ٤٠ فصاعدًا) ان البخار غاز غير منظور مثل الهواء الكروي وذلك يتضح لك اذا لاحظت بلبلة ابريق فيهِ ماء على درجة الغليان اي لا ترى بقرب البلبلة شيئًا مع ان البخار خارج منها بشدة ثم على بعد نحو قيراط من البلبلة ترى ضبابًا وهو من تكاثف البخار باصابة الهواء البارد اياهُ واذا لاحظت البخار الفالت من آلة بخارية ترى انهُ لا يُرى بقرب فوهة الانبوبة التي يخرج منها بل على بعد منها بعدما يتحول ضبابًا والبخار الحقيقي غير منظور كما تقدم واذا تحول ضبابًا يجتمع نقطًا اي قد عاد ماء كما كان قبل ما تحوّل بخارًا بالحرارة

(٧١) الغليان والتبخُّر

قلنا آنفًا ان الماء اذا أُغلي يتحوّل بخارًا ولكن لا يزعمنَّ احدٌ ان البخار لا يصعد عن الماء او بالاحرى ان الماء لا يتحول بخارًا الّا على درجة الغليان من الحرارة بل يبتدئُ يتحوّل بخارًا قبل بلوغ الحرارة درجة الغليان كما يتحقق لك اذا لاحظت وعاء فيهِ ماء على النار اذ ترى الضباب يصعد منهُ حالما يبتدئُ يسخن وقبل الغليان الحرارة منصرفة الى احماء والى احالتهِ بخارًا وعند

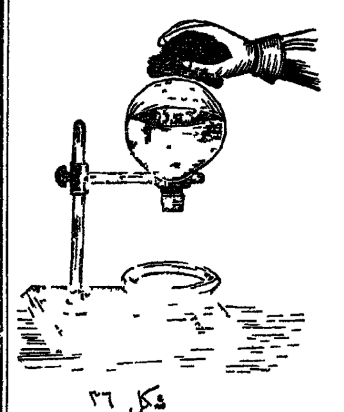
ما يبلغ درجة الغليان تنصرف الحرارة كلها الى احالة الماء بخارًا ولا ترتفع حرارتهُ فوق تلك الدرجه والبخار يفلت من كل اجزاء الوعاء من اسفلهِ ومن جوانبهِ ومن اعلاهُ ونسمع صوت صعود فقاقيع البخار وهي صاعدة من اسفل الماء لكي تفلت من اعلاهُ . والبخار صاعد عن الماء في كل درجة من الحرارة كما يتحقق لك اذا وضعت صحن ماء في الهواء ثم افتقدتهُ بعد مدة تجد الماء قد جفَّ اي تحوّل بخارًا والتبخُّر جارٍ على الدوام من سطح البحر والبُحَيرات والانهر ومن كل مجتمع ماء على سطح الارض بل الجليد نفسهُ يتبخر واذا وزنت قطعةً من الجليد وتركتها مدة في الهواء على حرارة دون درجة ذوبان الجليد ثم وزنتها ايضًا تجدها اخف وزنًا مما كانت اي تحوّل بعضها بخارًا ولو كانت على درجة من الحرارة دون الصفر

(٧٣) درجة الغليان متوقفة على ضغط الهواء الكروي

ان درجة ذوبان الجليد ثابتة اي هي صفر سنتكراد او ٣٢° ف اما درجة غليان الماء فهي ١٠٠° س = ٢١٢ ف اذا كان ضغط الهواء الكروي على ما هو عند شاطئ البحر واذا خف ضغط الهواء عن ذلك يغلي الماء قبل بلوغ الحرارة ١٠٠° س واذ ذاك

ترى الماء على شوامخ الجبال يغلي بحرارة اقل مما يستلزم لغليانهِ على شط البحر لان ضغط الهواء هناك اخف واذا صعدت الى راس جبل بلانك في سويسرا اي الى علو نحو ثلاثة اميال فوق مساواة سطح البحر يغلي الماء على ٨٥° س وتلك الدرجة ليست بكافية لنضج بعض الاطعمة فيتعذر الطبخ بالماء على تلك المعالي . واذا نزلت الى معدن تحت سطح الارض يكون ضغط الهواء هناك اكثر مما هو على سطحها فترتفع درجة الغليان الى فوق ١٠٠° س

العملية الثانية والاربعون . خذ قنينة واملأ نصفها ماء واغلِ الماء حتى يطرد البخار الهواء منها بحيث لا يبقى في القنينة غير الماء وبخارهِ ثم سدّها سدًّا محكمًا وهي في حالة الغليان واقلبها كما في شكل ٣٦ وبعد ما تسكن الغليان صب ماء باردًا على القسم



شكل ٣٦

الفارغ منها فيبتدئ الغليان ايضًا وعلة هذه الظاهرة هي ان الماء البارد احال البخار الكائن في فراغ القنينة ماء وحصل من ذلك خلاء فاخذ بعض الماء يتحوّل بخارًا ليملأ الخلاء فظهرت حركة

الغليان التي منعها ضغط البخار قبل تكثيفهِ بالماء البارد

(٧٣) ان بعض الاجسام تتمدد وبعضها تتقلص عند احالتها من الجمودة الى السيولة

الجليد اخف من الماء كما يُعلم من عومهِ على سطح الماء وذلك لان الماء يتمدد عندما يتجلد وهذا التمدد شديد القوة جدًّا حتى اذا ملأت كرة حديد ماء وجلدتهُ تنفجر الكرة بشدة تمدد الماء عند احالتهِ جليدًا وفي الاقاليم الباردة يقع من هذا القبيل اذى بليغ على الاوعية الحاوية ماء في ايام البرد الشديد اما البولاذ والحديد المصبوب فتتقلص مثل الجليد عند صهرها اي البولاد المصهور والحديد المصهور يتمدد اذا برد مثل الماء عند صغر س وقطعة فولاذ اذا أُلقيت في وعاء فولاذ مصهور تعوم فيهِ وقيل ان الحديد اذا أُلقي في حديد مصهور يعوم . اما الفضة والذهب والنحاس فتتمدد اذا أُصهرت وتتقلص اذا بردت وجمدت ولذلك اذا صبّت في قوالب لا تمتد الى كل خلوها وفرجاتها ومن هذا القبيل لا يصلح ان تصنع معاملة الفضة والذهب بالصب بل يقتضي ان تصك صكًّا

غير ان جميع المواد تتمدد اذا تحولت غازًا وقيراط مكعب من الماء اذا تحوّل بخارًا يصير ١٧٠٠ قيراط مكعب كما عرفت من

(٧٤) الحرارة والجاذبيَّة الكيماويَّة

ذُكر في ما تقدم فعل الحرارة في تغيير حال المواد من جامد الى مائع ومن مائع الى بخار ولها فعل كلي ايضًا بنتائج الالفة الكيماوية اي انها تسهلها كما ترى من ان الفحم لا يتركب مع الاكسجين على درجات الحرارة الاعتيادية ولذلك نستطيع ان نخزنهُ في مخازننا الى حين الاحتياج اليهِ وقد رأيت من الجزء الثاني العملية السابعة ان النحاس والكبريت لم يتحدا حتى انتهما الحرارة وعند ذلك جرى الاتحاد وتولدت حرارة كافية لهُ بدون مساعدة المصباح

(٧٥) الامزجة المجلّدة

ذُكر في الجزء الثاني ان التركيب الكيماوي يولد حرارة وهذا القول صحيح ثابت لا يخلُّ ابدًا وربما اعترض معترض بان بعض المواد اذا مُزِجت تُحدث بردًا لا حرارةً مثل مزج الجليد والملح فانهُ يُستخدم لتجليد بعض الاشربة فاين الحرارة المتولدة

فاجيب نعم انهُ يحدث من مزج الجليد والملح برد شديد ولكن ذلك لانهما يتحولان سريعًا من الجمودة الى السيولة اي يذوبان

وهذه الاحالة يرافقها اختفاء جانب من الحرارة فكانهما يمصّان
الحرارة من المواد في جوارهما فتبرد تلك المواد الى درجة التجليد
وهذا هو الحال في سائر الامزجة المجلدة وايضاحًا لذلك امزج
كمية من الجليد والملح واغمس بلبوس الثرمومتر في المزيج ترى
الزيبق يهبط سريعًا الى تحت الصفر وذلك يبرهن ان المزيج
ابرد من الجليد في حالة الذوبان لانهُ على صفر من الحرارة اي
احالة الجليد والملح من حالة الجمودة الى حالة السيولة بلعت جانبًا
من حرارتهما فصار السيال الناتج دونهما حرارةً . والمزيج من اي
جسمين كان اذا ذوّب احدهما الآخر يُخفض درجة الحرارة وتلك
الامزجة سُميت امزجة مجلدة

ومثل ذلك يحدث اذا تحوّل مائع الى بخار سريعًا اي
احالة المادة من اكثف الى الطف يُخفي الحرارة اذ يقتضي جانب
من الحرارة لاحالة المادة بخارًا كما عرفت من غليان الماء واذا
صببت قليلاً من الايثير على يديك تشعر بحاسة البرد لان سرعة
احالة الايثير بخارًا يمص جانبًا من حرارة يديك اي تلك الحرارة
تختفي في البخار ولو عكست العمل اي ضغطت البخار حتى تحول
مائعًا لظهرت الحرارة المختفية وبواسطة سرعة احالة بعض المائعات
بخارًا تنخفض درجة الحرارة الى ما تحت الصفر

العملية الثالثة والاربعون . ضع تحت قابلة على صحن مفرغة
الهواء حامضًا كبريتيكًا ثقيلاً في وعاء وماء في وعاء آخر صحل

واخرج الهواء من القابلة سريعًا فمن سرعة تبخر الماء يتجلد اي من سرعة احالته بخارًا تختفي حرارتهُ حتى تهبط الى ما تحت الصفر فيتجلد الماء ونطلب من الطالب الفطن التعليل عن سبب وضع الحامض الكبريتيك مع الماء تحت القابلة وما الداعي لذلك ولماذا لا تصح العملية بدون ذلك

(٧٦) تفريق الحرارة بالنقل والحمل والاشعاع

الحرارة تطلب الموازنة اي تنقل من جسم حرارتهُ إكثر الى جسم حرارتهُ اقل حتى يصيرا على درجةٍ واحدة غير ان نقل الحرارة من جسم الى آخر او من مادة الى أُخرى تتمّ على طرقٍ مختلفة . اذا وضعت طرف قضيب حديد في النار تنقل الحرارة بالتدريج من الطرف الحامي الى سائر القضيب حتى لا نستطيع ان تمسكهُ من الطرف الآخر مع انهُ بعيد عن النار ومرور الحرارة على هذه الكيفية من دقيقة الى أُخرى من الجسم سُمي نقل الحرارة

اذا شعلت نارًا تحت قدرٍ ملآن ماء تحمى دقائق الماء السفلى وتتمدد بالحرارة فتخف بالنسبة الى سائر الماء فتصعد مثل ما يصعد الفلين اذا غمستهُ تحت سطح الماء لانهُ اخف منهُ وتأتي دقائق أُخرى موضعها فتحمى وتصعد الى ان يحمى الجميع وهذه الطريقة سُميت حمل الحرارة

وماذا نقول عن وصل حرارة الشمس الينا اذ لايصح التعليل عن ذلك على طريقة النقل ولا على طريقة الحمل لانهُ ليس بيننا وبين الشمس مادة تنقل الحرارة ولا مادة تحملها وهي مع نور الشمس تصل الينا في نحو ثماني دقائق بعد المرور على اكثر من ٩٠ الف الف ميل وفي يوم البرد اي عند ما يكون الهواء الكروي باردًا جدًّا اذا جلست في شعاع الشمس تجدها حامية وهذه الطريقة لوصل الحرارة سُميت اشعاعًا

(٧٧) المواد الصالحة وغير الصالحة لنقل الحرارة

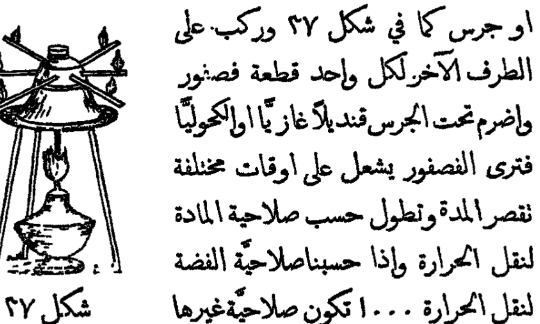
ذكرنا آنفًا انهُ اذا وُضع طرف قضيب حديد في النار يسخن كلهُ حتى لا نستطيع ان نمسكهُ من طرفهِ الآخر واذا استعوضت عن قضيب الحديد بقضيب زجاج نستطيع ان نمسكهُ بقرب النار وقطعة الفحم او قضيب من شجر يُشعل ويمسك حد الجزء المشتعل منهُ . ونعلل عن ذلك بان الحديد صالح لنقل الحرارة والزجاج والحطب والفحم مواد غير صالحة لنقل الحرارة وهذا القول بالحقيقة تصريح بالواقع لا تعليل . والصوف والريش والشعر مواد غير صالحة لنقل الحرارة فجعلها الخالق سبحانهُ كسوة للحيوان لان الحيوان يحتاج الى حرارة اعلى من حرارة الهواء المحيط بهِ على الغالب ولذلك

كُسي موادلا تنقل عنهُ الحرارة المتولدة في جسمهِ وترى احيانًا خلاقين الآلات البخارية مكسوَّة لبدًا اوخشبًا تحتهُ نشارة وذلك لتوفرة الحرارة بمنع نقلها واشعاعها

وقد تصلح المواد غير الصالحة لنقل الحرارة للتحفظ منها كما انها تصلح لحفظها فاذا اردت حفظ قطعة جليد لففتها في لبد وقش حتى لا تُنقل اليها الحرارة من الخارج فتذوب بها والماشي في الشمس القادحة ربما وقَى جسمهُ من حرارتها بلبس عباةٍ تمنع نقل الحرارة الخارجيَّة الى جسمهِ

ولاجل ايضاح التفاوت بين المواد في نقل الحرارة اجرِ هذه العملية

العملية الرابعة والاربعون . خذ عدة قضبان من مواد مختلفة على طول واحد وغلاظة واحدة واركز طرفًا منها في عمود او جرس كما في شكل ٢٧ وركب على الطرف الآخر لكل واحد قطعة فصفور واضرم تحت الجرس قنديلًا غازيًّا او الكحوليًّا فترى الفصفور يشعل على اوقات مختلفة تقصر المدة وتطول حسب صلاحية المادة لنقل الحرارة واذا حسبنا صلاحيَّة الفضة لنقل الحرارة ١٠٠٠ تكون صلاحيَّة غيرها من المواد كما في هذة القائمة

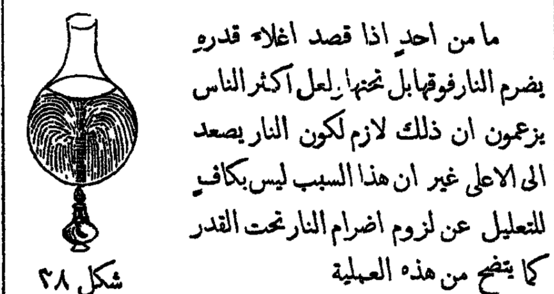

شكل ٢٧

الفضة	١٠٠٠	الحديد	١١٩
النحاس	٧٧٦	الفولاذ	١١٦
الذهب	٥٣٢	الرصاص	٨٥
النحاس الاصفر	٢٣٦	البلاتين	٨٤
الزنك	١٩٠	البلاديوم	٦٣
القصدير	١٤٥	البزموث	١٨

ألق طرف ملعقة فضة وملعقة نحاس وملعقة قصدير في ماء غالٍ فعن قليل لا تستطيع ان تمسك ملعقة الفضة من طرفها الخارج من الماء والتي من النحاس تُمسك والتي من القصدير قلما تحمى وهذه الخاصة اي صلاحية المعادن لنقل الحرارة يعلَّل بها عن فعل الفنار المعدني اوفنار الامان للسرهمفري دافي المذكور في الجزء الثاني اي الكيميا صحيفة ٨٥

(٧٨) حمل الحرارة

ما من احدٍ اذا قصد اغلاء قدرهِ يضرم النار فوقها بل تحتها . لعل اكثر الناس يزعمون ان ذلك لازم لكون النار يصعد الى الاعلى غير ان هذا السبب ليس بكافٍ للتعليل عن لزوم اضرام النار تحت القدر كما يتضح من هذه العملية



شكل ٢٨

العملية الخامسة والاربعون . خذ كوبة ماء بارد وعيّر درجة حرارتها بالثرمومتر ثم أَلقِ في الماء درهمًا او درهمين من الايثير وهو لكونهِ اخف من الماء يعوم على سطحهِ ثم اشعلهُ ودعهُ يشعل عدة دقائق حتى يحترق الايثير او اطفئهِ بعد ما يشعل مدة على سطح الماء ثم حرك الماء واغمس فيهِ الثرمومتر فترى ان حرارة الماء زادت قليلاً جدًّا بالنسبة الى شدة حرارة الايثير المشتعل ولو أُشعل تحت الماء لارتفعت درجة حرارتهِ كثيرًا

العملية السادسة والاربعون . خذ قنينة كروية الشكل كما في شكل ٣٨ وركبها على حامل حديد واملاها ماء واطرح في الماء مسحوق النيل او مادة أُخرى ملونة لا تذوب في الماء ثم عند اضرام قنديل تحت القنينة ترى تلك القطع الملونة تصعد وتنزل وذلك لان الدقائق السفلى من الماء عندما تحمى تخف كما ذُكر آنفًا وتتمدد وتصعد الى الاعلى وتأْتي موضعها دقائق باردة وعلى هذه الكيفية تتكون تيارات صاعدة نازلة تدل عليها حركة القطع الملوَّنة وكل دقيقة حامية تحمل حرارتها وتصعد وتعطي مكانًا للتي هي اقل حرارة منها وهكذا يسخن كل الماء في الوعاء سريعًا

في الاقاليم الباردة نرى الانهر والبحيرات تتجلد سطوحها في فصل البرد وذلك لان الدقائق السطحية تُخفض حرارتها فتثقل وتغرق وتأْتي موضعها أُخرى وهذه ايضًا تثقل وتغرق

وهلمّ جرًّا حتى يبرد كل الماء الى نحو ٤° س و بعد ذلك يتمدد الماء بزيادة البرد اي اذا هبطت حرارتها تحت ٤° س تتمدد كما عرفت مما ذُكرآنفًا فتعوم ولا تغرق و يتكون الجليد على سطح الماء والجليد اخف من الماء فيعوم على سطحهِ كما عرفت . ولو كان الجليد اثقل من الماء لغرق حالما نتكون منهُ قشرة ثم تتكون قشرة أُخرى فتغرق وهلمّ جرًّا حتى يتجلد كل ماء البحيرة او النهر و يتكوّن مقدار من الجليد لا تكفي كل حرارة الصيف لتذويبهِ

في الاقاليم الاستوائية يحمى الهواء من شدة حرارة الشمس و يصعد الى الاعلى و يأتي عوضًا عنهُ هواء بارد من الشمال والجنوب والهواء الحارّ يذهب شمالاً وجنوبًا نحو القطبين في طبقات الجوّ العليا وتأتي مجاري هواء من الشمال والجنوب بقرب سطح الارض لتملأ الخلاء الحادث من صعود الهواء الحارّ وهكذا نتكوّن مجاري هواء اي الرياح وتلك المجاري الهابّة مدة مستطيلة من جهة واحدة في الاقاليم الاستوائية سُميت الرياح التجارية كما ستعلم في الجزء الرابع

(٧٩) إشعاع الحرارة

اذا وقفت امام النار او أدنيت يدك الى جسم حامٍ نشعر بحرارة خارجة من النار ومن الجسم الحامي والجسم الحامي يدفع

الى كل الجهات على السواء وهذه هي طريقة الاشعاع التي بها تصل الينا الحرارة من الشمس مع نورها

اذا أحميت جسمًا كقطعة حديد مثلاً تشعر في اول الامر انها تدفع شعاع حرارة الى كل جهة لانك من أيّة جهة قربت يدك اليها تشعر بالحرارة الخارجة منها غير ان تلك الشعاع مظلمة لا نور فيها ثم اذا احميت القطعة اكثر تراها تدفع حرارة ونورًا احمر ثم نورًا اصفر ثم نورًا ابيض مثل نور الشمس فلنتقدم الآن من درس الحرارة الى درس النور اي تلك الشعاع اللامعة الخارجة من الجسم المحمى الى درجة عالية



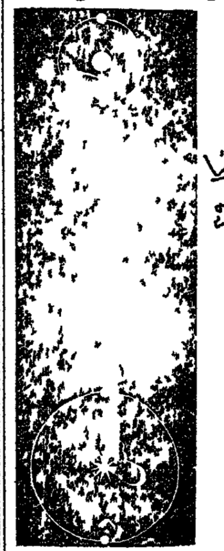
الفصل الحادي عشر

في النور

(٨٠) اذا أُحمي جسمٌ يدفع من حرارتهِ الى المادة المحيطة بهِ وهذه القوة او هذا النشاط تمتدّ على هيئة تموجات بسرعة عجيبة اي ١٨٦٠٠٠ ميل كل ثانية وان لم تكن حرارة الجسم عالية لا تظهر تلك التموجات للنظر بل تبقى محسوسة بها غير منظورة وهي شعاع الحرارة المظلمة او غير المنظورة كالتي تُشَعّ عن وعاء ملآن ماء غاليًا مثلاً او عن كلّة حامية دون درجة الاحمرار . ثم اذا ارتفعت درجة الحرارة ترَى اولاً شعاع حمر ثم اذا ارتفعت الحرارة اكثر ترى شعاع صفر ثم بيض الى ان تبلغ شعاع الشمس لمعانًا والامر ظاهر اذ ذاك ان لنا من الشعاع نوعين شعاع حرارة مظلمة لا تشعر بها العين وشعاع نور وهي التي نشعر بها حاسة البصر

(٨١) لا يظننَّ احدٌ ان النور مادة خارجة من الجسم النيّر مدفوعة مثل القنبلة من المدفع على سرعة ١٨٦٠٠٠ ميل كل ثانية بل انما شعاع النور تدخل الى العين كما يدخل الصوت الى الاذن وقد تقدم ان ذلك بتموُّج الهواء اي عندما نسمع صوت مدفع مثلاً لا يُظَنّ ان دقائق الهواء تجري من المدفع الى الاذن

ل تلك تفعل بالتي بجانبها وتلك بالتي بجانبها وتنقل الحركة من واحدة الى أخرى حتى ينتهي التموُّج الى الاذن وعلى هذا النسق المادَّة المتموّجة التي بين الجسم النيِّر تتحرَّك متموّجة من دقيقة الى أخرى حتى ينتهي التموُّج الى العين كما اتضح في العملية ال ٣٢٥ نمره ٥ وهذا التموُّج اي تموُّج المادَّة النيرة يقتضي لها وقت كما رأينا ان تموُّج الهواء للسمع يقتضي لهُ وقت غير ان تموُّج النور اسرع جدًّا من تموُّج الصوت اي الصوت يمرّ على نحو ١١٠٠ قدم كل ثانية والنور يمرّ على نحو ١٨٦٠٠٠ ميل كل



ثانية ويقتضي للنور ثماني دقائق لكي يمرّ على المسافة بيننا وبين الشمس التي هي نحو ٩٢ الف الف ميل فلو انطفأت الشمس فجاءة لما شعرنا بانطفائها حتى بعد ثماني دقائق وعندما نرى الشمس طالعة فوق الافق تكون قد طلعت بالحقيقة ثماني دقائق

(٨٣) ان اوَّل من عين سرعة حركة تموجات النور هو رومر الفلكي الدانمركي وذلك على نسق المبدا الذي بهِ تعيين سرعة الصوت اي ملاحظة لمعان مدفع ثم المدة المارة

بين ذلك واستماع صوته فلو عرفت لحظة حدوث حادثة طبيعية ثم عيّنت لحظة ظهورها للنظر لعرفت المدة اللازمة لمرور النور من موقعها الى موقعك والفلكي المذكور استخدم لذلك كسوفات اقمار المشتري لان قمر المشتري الاول يمرّ في ظل السيار كل ٤٢ س ٢٨ د ٦ ث ولو وصل النور من هناك الينا بالحال لرأينا تلك الحادثة في لحظة حدوثها ووجد ر ومرايَة اذا كانت الارض على اعظم بعدها عن المشتري تاخر الكسوف ١٦ د ٢٦ ث

لتكن ا المشتري (شكل ٢٩) و س الشمس فتكون الارض اقرب الى المشتري عند وجودها في ج وعلى اعظم بعدها عنه تكون في د وكسوف قمر المشتري في اي دحولة في ظل السيار يتاخر عندما تكون الارض في د ١٦ د ٢٦ ث عن الوقت الحقيقي اي يقتضي للنور ١٦ د ٢٦ ث لكي يمرّ على قطر الارض ومن ثم حسب سرعة النور نحو ١٨٦٠٠٠ كل ثانية

(٢) انعكاس النور

اذا وقع شعاع النور على سطح مستوٍ مصقول ينعكس على قاعدة انعكاس الصوت (انظر عدد ٥٤) اي زاوية الانعكاس تعدل زاوية الوقوع

اذا وُضع جسم نيّر امام مرآة بسيطة نُرَى صورة ذلك الجسم

خلف المرآة مع انهُ ليست هناك صورة حقيقةً ولكن الشعاع التي تنتهي الى العين من سطح المرآة تفعل فيها مثل ما كانت تفعل صورة حقيقيةٌ خلف المرآة و بناء على ذلك سُميت تلك الصورة وهمية حقيقية لانها غير موجودة حقيقةً وتفعل كانها موجودة وذلك يتضح من شكل ٤٠

لنفرض ا نقطة نيرة واقعة منها الشعاع اب ابَ على المرآة البسيطة م م وهي تنعكس الى العين على جهة ب د بَ دَ

اي ا ب ي = ي ب د وإذا أُخرج د ب دَ بَ على استقامتها الى خلف المرآة يلتقيان في اَ اي على نفس المسافة خلف المرآة التي كانت ا عليها امامها فيظهر للناظر ان تلك الشعاع خرجت من

شكل ٤٠

اَ وتكون الصورة خلف المرآة على البعد والوضع اللذين كانت الحقيقة عليهما امامها وإذا وقفت امام مرآة ترى صورتك خلفها على بعدك امامها وإذا قربت تقرب وإذا بعدت تبعد غير ان يمينك هي شمال الصورة وشمالك هي يمين الصورة

ان لم يكن سطح المرآة بسيطًا مستويًا تتغير هيئة الصورة كما اذا نظرت الى صورتك في بلبوس ترمومتر تراها صغيرة مشتورة منجذبة ملتوية وصورة المحل صغيرة والاقسام البعيدة منها صغيرة جدًّا

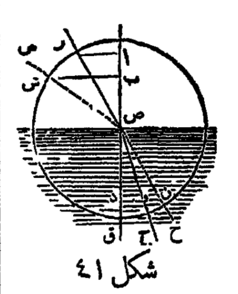
واذا اخذت مرآتين مقعرتين كما في شكل ٣٩ ووضعت جسماً حاميًا في محترق احداهما و يدك في محترق الاخرى تشعر بالحرارة اي الاشعة من الجسم الحامي بعد وقوعها على سطح المرآة المقعرة بقربهِ تنعكس على خطوط متوازية حتى تصيب المرآة الاخرى و بها تجمع الى نقطة محترقها فكأنَّ النار مضطرمة في محترق الاولى وصورتها مكوَّنة في محترق الاخرى غير ان هذه الصورة حقيقية الفعل

(٨٤) انكسار النور او التواء النور

العملية السابعة والاربعون . ضع في طست فارغ قطعة معاملة مثلاً او حصاة وحكّم عينك وانت واقف بجانبهِ بحيث تختفي القطعة او الحصاة عن نظرك وراء جانب الطست ثم كلّف احدًا بان يصب ماء في الطست وانت ثابت موضعك فقبلما يمتلئ الطست ماء تظهر القطعة او الحصاة لعينك كانَّ قعر الطست قد ارتفع وقل عمقهُ وسبب ذلك انكسار الشعاع الخارج من القطعة بعد خروجهِ من الماء ودخولهِ الهواء . والشعاع الواقع

في الماء مور و بًا يصير اقل ور بًا والخارج من الماء الى الهواء يزيد ورو بًا

ليكن ق شكل ٤١ موقع الحصاة قبل امتلاء الطست و ر موقع العين والحصاة محجوبة عن النظر بواسطة جدار الطست ثم عند صب الماء في الطست ينكسر الشعاع ق ص عند خروجهِ من الماء الى الهواء الى جهة ص ر فتظهر القطعة عند ن اي على استقامة ر ص

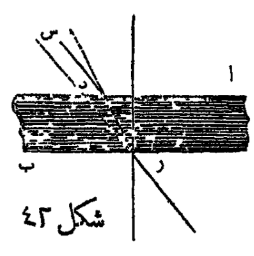


شكل ٤١

قاعدة

الاشعَّة المارة من مادة ألطف الى مادة آكثف تنكسر نحو العموديَّة والمارة من مادة آكثف الى مادة ألطف تنكسر عن العموديَّة

لتكن ا ب قطعة زجاج صافٍ وليدخلها من الهواء الشعاع س د فعند دخولهِ الزجاج ينكسر نحو العموديَّة اي الى جهة د ر ثم عند خروجهِ



شكل ٤٢

من الزجاج الى الهواء ايضًا ينكسر عن العموديّة و يعود الى موازاة س د . هذا اذا كان الزجاج ذا سطوح مستوية متوازية

ثم لنفرض شكل الزجاج منشورًا مثلث السطوح كما في شكل ٤٣ وليقع على احد سطوحهِ الشعاع دي فعوضًا عن المرور بالاستقامة الى ف ينكسر نحو العموديّة على السطح الذي وقع عليهِ اي الى جهة ي م وعند خروجهِ من الزجاج عند م ينكسر عن العمودية على سطح م الى جهة م ر اي

شكل ٤٣

اذا مرّ شعاع في منشور مثلث السطوح او على شكل اسفين ينكسر ذلك الشعاع نحو قاعدة الاسفين عند ولوجهِ وعند خروجهِ

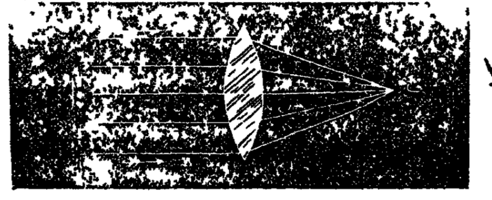
(٨٥) العدسيات وفعلها

العدسيات مصطنعة من مادة شفافة مثل الزجاج او البلور

شكل ٤٤

وتُصنع على هيئات مختلفة حسب الغرض المطلوب منها وفي شكل ٤٤ الاشكال الغالبة (ا) عدسية محدبة السطحين و ب بسيطة محدبة و د هلالية او محدبة مقعرة و ذ مقعرة السطحين و لا بسيطة مقعرة و ك مختلفة الانحناء ومن هذه ا ب د تجمع اشعةً

النور و ذ لا ك تفرقها وإذا وقع قلم اشعة على عدسية محدبة الوجهين كما في شكل ٤٥ اي كان الجسم المير من جهة ا فعند وقوع الاشعّة على العدسية تنكسر نحو الخط العمودي وتُجمع عند



شكل ٤٥

ف في نقطة واحدة وإذا وضعت يدك في تالك النقطة تحترق او قطعة قرطاس تشعل وإذا وضعت على جاسب عدسيّة قنديلاً وعلى الجانب الآخر قطعة قرطاس مرّيت كلاًّ منهما على البعد المناسب عن العدسية ترى على القرطاس صورة القنديل مقلوبة وإذا وضعت وجهك موضع القنديل يتصوّر على القرطاس مقلوبًا وهذا ما يصنعهُ المصوّر بالفوتوكرافية اي عندهُ علبة مبطنة بصباغ اسود في جاسب منها عدسية محدبة السطحين وفي وسطها لوح زجاج مخشن (شكل ٤٦) د و وإذا اراد ان يصوّر شيئًا يوجه العدسيّة نحو ذلك الشبح ويحكمها حتى تقع صورة الشبح بالوضوح على اللوح د و ثم يرفع اللوح ويضع موضعهُ قطعة قرطاس معدودة للفوتوكرافية اي عليها موادٍ يفعل بها النور اذا وقع عليها والصورة واقعة على القرطاس تمامًا وكل نقطة يقع عليها

شكل ٤٦

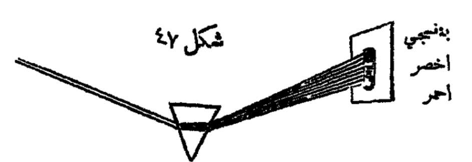
النور تتغير وما لا يقع عليهِ النور يبقى على حالهِ فتتصوَّر الصورة على القرطاس غير ان اقسام الشبح النيرة تكون مظلمة والمظلمة نيرة ولذلك سُميت هذه الصورة سلبيَّة ومن هذه السلبية تؤْخذ الصورة الايجابيَّة الحقيقيَّة

(٨٦) البلورات المعظمة

العدسية المحدبة الوجهين تعظم الشبح المنظور اليهِ بواسطتها كما يعلم كل من استعمل العوينات المناسبة للاشياخ غير انهُ يقتضي ان يكون الشبح قريبًا ولا تستطيع ان تعظم القمر او سيارًا من السيارات بهذه الواسطة ولا تفيد للنظر الى الاشباح الارضيَّة البعيدة و يقتضي لتعظيم صورة شبح بعيد ان تستعمل عدسيتين الواحدة كبيرة تكوّن صورة الشبح البعيد كالقمر مثلاً والاخرى اصغر تعظم تلك الصورة واذا تركبت عدسيات على هذه الكيفية في انبوبة مناسبة فلك نظارة للنظر الى المرئيات البعيدة اي تلسكوب وتوضع في انابيب مسودة بواطنها لاجل منع دخول كل نور اليها الاَّ من الشبح المنظور اليهِ

(٨٧) النور الابيض مؤلف من امتزاج اشعة مختلفة الالوان وكل لون يختلف عن غيرهِ في مقدار انكسارهِ بواسطة المنشور

اذا مرَّ النور الابيض في منشور مثلث السطوح ينحلّ الى سبعة الوان وهي احمر و برطقالي واصفر واخضر وازرق ونيلي و بنفسجي ومن هذه الالوان



الاحمر ينكسر اقل من الجميع والبنفسجي اكثر من الجميع كما ترى في شكل ٤٧ وهذا الحل تراه في كل نقطة من الندا وفي الجواهر والبلورات وقوس قزح هو من حل النور بمروره في نقط المطر الساقط ولذلك لا تراهُ الاَّ مستقبلاً للشمس والمطر ساقط وهذه الحقيقة اي كون النور الابيض مركبًا من اشعة ذات الوان مختلفة كشفها اولاً سر اسحاق نيوتون وتستطيع ان تحقق ذلك اذا ادخلت النور من شباك مغلق في دفتهِ ثقب صغير يدخل منهُ النور وسائر المحل مظلم وليمر ذلك النور في منشور فيتكون عمود من الالوان السبعة المذكورة آنفًا وذلك العمود سُمي الطيف الشمسي او السپكتروم و بناء على هذه المبادي اصطنعت الآلة المسماة السپكترسكوپ لاجل حل النور الخارج من اي جسم كان نيرًا وفحصهِ واذا نُظر الى الطيف الشمسي بهذه الآلة تُرَى فيهِ خطوط سود نقطعةُ معارضة كشفها اولاً الدكتور ولستون

الانكليزي ثم درسها وعيَّنها المعلم فراونهوفر الالماني وسُميت خطوط فراونهوفر نسبةً اليهِ ولها معانٍ معتبرة لا نستطيع ان نلتفت اليها في هذا المختصر

(٨٨) خلاصة ما استفدناهُ مما تقدم من جهة النور والحرارة

ان الاجسام الحامية في اول الامر تدفع اشعة مظلمة ومتى ارتفعت درجة الحرارة تصير نيرة وتشعر بها حاسة البصر وتندفع وتنعكس عن السطوح المصقولة بل ينعكس بعضها عن كل سطح وقعت عليهِ واذا مرّت في الماء او في الزجاج تنكسر واذا مرّت في منشور تنكسر نحو قاعدة المنشور ويَنحلّ النور الى سبعة الوان والعدسيات تكوّن صور المرئيات واذا نُظر الى تلك الصور بعدسية اخرى تعظمها فذاك المكرسكوپ اذا صُنع للنظر الى ما هو قريب جداً وصغير جداً وتلسكوپ اذا صُنع للنظر الى ما هو بعيد

(٨٩) قد تقدم ان بين النور والصوت مشابهة وان الجسم الحامي ذو نشاط والصوت يستلزم جسماً مرتجاً ومادة توصل ارتجاجات المرتج والجسم الحامي دقائقهُ في حالة الارتجاج السريع جداً جداً وكما ان ارتجاج الجسم المصوّت يحدث لغطاً يصيب آلة السمع فيُشعر بصوتٍ هكذا الجسم الحامي يحدث نوراً يصيب

آلة البصر والجسم القابل الارتجاج يرتج بواسطة الطرق وإذا طرق مطرقة جرس جانب الجرس فهي قبل الطرق جسم متحرك ذو نشاط واوصل نشاطهُ الى الجرس فجعلهُ يرتج اي عمل شغلاً ونشاط المطرقة عند ما طرقت الجرس لم يمت بل انتقل الى الجرس

ثم لنفرض ان ضربة المطرقة وقعت على قطعة رصاص على سندان الحداد عوضاً عن الجرس فلا تسمع ارتجاجاً مثل صوت الجرس بل لغطاً ميتاً فقط اي نشاط المطرقة المتحركة لم يحدث ارتجاجاً فاين ذهب .هل مات .كلاَّ . لم يتحوَّل الى ارتجاجات مثل ارتجاجات الجرس بل تحول الى حرارة والرصاص المطروق حمي وصارت كل دقائقهِ ترتج ولكن على كيفية غير كيفية ارتجاج الجرس وان تكرر الطرق بما يكفي يُصهر الرصاص بالحرارة المتولدة منهُ اي النشاط الظاهر في الجسم المتحرك يتحول الى حرارة وفي النشاط الظاهر يتحرك الجسم كلهُ من موضع الى آخر وفي الحرارة تتحرك دقائق الجسم حركة خطرانية سريعة جداً بدون ان يتغير موضع الجسم كلهِ وفي الآلة البخارية التي تعمل شغلاً يعدل شغل الف راس خيل مثلاً الفاعل التشغيل هو النار اي نشاط الحرارة غير الظاهر يتحول الى نشاط ظاهر اي نشاط الحرارة تحول الماء بخاراً ونشاط البخار يحرك الآلة ومن هذه الامثلة والقياسات ترى ان النشاط الظاهر يتحول الى نشاط غير ظاهر

اي حرارة و بالعكس الحرارة اي النشاط غير الظاهر يتحول الى نشاط ظاهر

الفصل الثاني عشر
في المواد المكهربة

(٩٠) قد لوحظ منذ اكثر من الفين سنة انهُ اذا دُلكت قطعة كهرباء بقطعة حرير تجذب الى نفسها اجساماً خفيفة فسُميت المادة الكهربائية ثم لوحظ منذ نحو ٢٠٠ سنة ان الكبريت وشمع الختم والزجاج لها هذه الخاصية نفسها مثل الكهرباء

العملية الثامنة والاربعون . خذ قضيباً معدنياً حديداً او او نحاساً او قصديراً او ذهباً او فضة لهُ مقبض زجاجي او قضيب زجاج مغروز في طرفٍ منه وادلك الزجاج بقطعة حرير وليكن القضيب والحرير جافين الى التمام فبعد الدلك قليلاً ترى الزجاج يجذب الى نفسهِ قطعاً خفيفة من القرطاس او الريش او الشعر ولكن في الموضع منهُ المدلوك فقط اي هذه الخاصية لاتمد الى كل سطح الزجاج بل تُحصر في القسم المدلوك منهُ . ثم اذا قربت القضيب المعدني الى آلة كهربائية تجدهُ قد اكتسب الخاصية المشار اليها نفسها اي يجذب الى نفسهِ مواد خفيفة ولكن خلاف الزجاج ترى

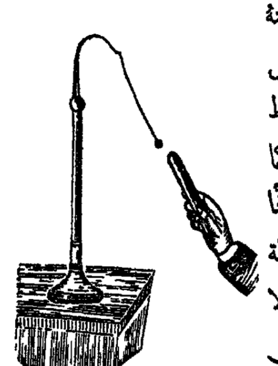
كل قسم منهُ لهُ هذه الخاصية اي مدت الى كل جزء من القضيب ولم تنحصر في قسمٍ منهُ . اي الفعل الكهربائي مدَّ على كل سطح المعدن ولم يمد على كل سطح الزجاج بل انحصر في القسم المدلوك منهُ و بناء على هذه الخاصية انقسمت المواد من حيثية الكهربائية الى موصلة وغير موصلة ومن المواد الموصلة الفحم والحوامض والاملاح القابلة الذوبان في الماء والماء واجساد الحيوان وافضلها المعادن . واما غير الموصلة فهما الكلأ وتشوك والهواء الجافّ والحرير والزجاج والشمع والكبريت والكهرباء واللك

في كل معاملة بالمادة الكهربائية يقتضي ان نحيطها بمواد غير موصلة لها لئلاَّ تفلت منا ونخسرها فيقتضي ان يكون الهواء جافًّا وان يكون الجسم المكهرب موضوعًا على زجاج لكونهِ غير موصل للكهربائية

(٩١) الكهربائية نوعان ايجابي وسلبي او زجاجي وشمعي او راتينجي

العملية التاسعة والاربعون . علق كرة من لب الاقطى شكل ٤٨ او من الفلين براس قضيب زجاج بواسطة خيط حرير ثم ادلك قضيب زجاج بقطعة حرير والمس الكرة المشار اليها

بالقضيب فهو يعطي كهربائيتهُ
للكرة وتلك الكهربائية لاسبيل
لها الى الانفلات بسبب خيط
الحرير الذي هو غير موصل كما
عرفت واذا كان الهواء جافًّا
يحيط بالكرة مواد غير موصولة
ثم بعد لحظة ترى ان القضيب لا
يعود يجذب الكرة اليهِ بل



يدفعها عنهُ . ثم ادلك قضيبًا من شمع الختم بقطعة صوف حامية جافة وادنهِ من الكرة فترى انهُ يجذبها الى نفسهِ اي ما دفعهُ الزجاج يجذبهُ الشمع ولو عكست ترتيب العملية ولمست الكرة اولاً بالشمع لدفعها بعد لحظة ثم جذبها الزجاج

شكل ٤٨

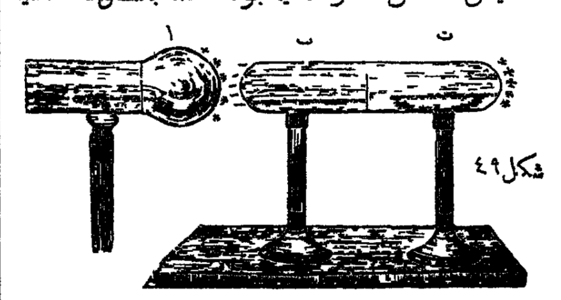
ولنا مما تقدم ان الكهربائية نوعان نوع يحصل من الزجاج المهيج بالدلك ونوع يحصل من الشمع المهيج بالدالك . وظهر من العملية السابقة ان الاجسام التي كهربائيتها من نوع واحد يدفع بعضها بعضًا وان الاجسام التي كهربائيتها مختلفة نوعًا يجذب بعضها بعضًا

(٩٣) هذان النوعان موجودان معًا في اجسام غير مهيَّجة

كل جسمٍ حاوٍ كمية من هذين النوعين معًا وقيل انهما ممزوجان في كل جسم غير مهيَّج وان التهييج انما هو فصل احد النوعين عن الآخر واذا دلكنا قطعة شمع بالصوف يفصل بين النوعين و يبقى واحدٌ منهما في الشمع والآخر في الصوف واذا دلكنا قطعة زجاج بالحرير نفرق بين النوعين و يبقى الواحد في الزجاج والآخر في الحرير وهكذا كلما تهيج الكهربائية بالدلك ولا يهيج النوع الواحد بدون تهييج مثلهِ من النوع الآخر اعني لا نكوّن الكهربائية بل انما نفصل بين نوعيها وقد سُمي النوع الحاصل من دلك الزجاج بالحرير ايجابيًا وزجاجيًّا والحاصل من دلك الشمع بالصوف سلبيًّا او شمعيًّا او راتينجيًّا وذاك لاجل التمييز فقط

٩٣ تهييج الكهربائيَّة بالمجاورة او فعل المواد المهيَّجة بغير المهيَّجة

ليكن ا شكل ٤٩ كرة نحاسية مجوفة متصلة باسطوانة نحاسية



شكل ٤٩

قائمة على قضيب زجاج حتى لا يفلت شيء من كهربائية ا

وليكن ب و ت وعاءين من نحاس متصلين قائمين على زجاج ايضًا لاجل حصر كهربائيتهما ولنفرض ان ا قد تكهرب من آلة كهربائية وان كهربائيتها ايجابية فاذا تقربت ا الى ب وت تجذب الكهاربائية السلبية في ب وت فينفصل بين النوعين فتكون كهربائية ب و ت سلبية من طرف وايجابية من الطرف الآخر

ثم ابعد ت عن ب وابعد ب عن ا فيكون قد جمعنا ايجابية في ت وسلبية في ب وتبقى ا على حالها اي استخدمنا كهربائية ا لاجل الفصل بين نوعي كهربائية ب و ت وبقيت قوة ا على حالها وهذه الطريقة سميت تهييج الكهربائية بالمجاورة او بالحل

(٩٤) الشرارة الكهربائية

ثم قرب ت و ب الى ا تدريجًا فعندما يكاد احدهما يلامس الآخر ولم يبق بينهما الا فاصل رقيق من الهواء الكروي تغلب جاذبيتهما البعد الفاصل ويتحدان فجأة ويكونان شرارة نار عند اتحادهما فتكون ا قد خسرت بعض كهربائيتها الايجابية و ب خسرت كل كهربائيتها السلبية ثم اذا ابعدنا ب و ت عن ا تبقى الايجابية في ت بل زادت كأنّ بعض كهربائية ا ذهبت الى ت اي كسبت ت ما خسرته ا

العملية الخمسون . شكل ٥٠ صورة آلة سميت الكتروسكوپ رق الذهب والغرض منها الدلالة على حضور كهربائية مهيجة . قرب اليها كرة جرة ليدن (وسوف يأتي ذكرها) بعد تهييجها بآلة كهربائية فتتهيج الكهربائية في قطعتي رق الذهب داخل القنينة وتدفع احداهما الاخرى كما ترى في الشكل وهي ايجابية النوع

ثم ادنِ اليها راس قضيب زجاج مهيج ايجابيًا فتبعد قطعتا الرق اكثر احداهما عن الاخرى لان الزجاج يحل كهربائية كرة الالكتروسكوپ وياخذ السلبية لنفسهِ وتبقى الايجابية زائدة الفعل . ثم ادنِ من كرة الالكتروسكوپ قضيب شمع الختم مهيجًا سلبيًا فتهبط قطعتا الرق وتلصق احداهما بالاخرى وذلك لان كهربائية الشمع السلبية حلت كهربائية كرة الآلة واخذت الايجابية وابقت السلبية في قطعتي رق الذهب وكانت كهربائيتهما ايجابية وابطلها السلبية فهبطتا

شكل ٥٠

تنبيه ☆ في كل هذه العمليات يقتضي ان تكون كل القنينات والحوامل الزجاجية وجرة ليدن والآلات الكهربائية كلها جافة دافية واذا كان الهواء المحيط بها رطبًا كثير البخار المائي لا تصح احدى العمليات بالكهربائية

العملية الحادية والخمسون . خذ كرة نحاسية مجوَّفة محصورة

على قضيب زجاج وادنِها الى آلة كهربائية مشتغلة فترى شرارة ضعيفة تنتقل من الآلة الى الكرة ثم مس جانب الكرة المستقبل الآلة باصبعك فترى الشرارة زادت لمعانًا وقوة . وهذا ايضاح لما قلناهُ آنفًا بخصوص سبب الشرارة .اي كهربائية الآلة الايجابية تجذب الى نفسها كهربائية الكرة السلبية وتطرد الايجابية الى ابعد ما يمكن اي الى الجانب من الكرة المستقبل الآلة ولكون الكرة محصورة لا تُطرد الى ابعد من ذلك اذ لا سبيل لها للانفلات عن الكرة ولا يفرق بين النوعين الاَّ قليلاً فتكون الشرارة ضعيفة كما مرَّ ثم عند مسك الكرة طُردت كهربائيتها الايجابية الى جسمك ومن جسمك الى الارض فأبعد نوع عن نوع وقويت الشرارة

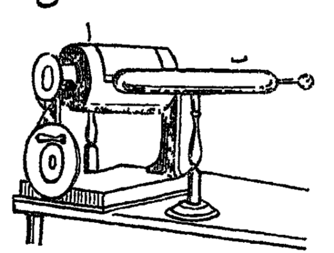
(٩٣) فعل الكرة وفعل جسم مراًّس بالكهربائية

اذا ادنيت كرة معدنية الى آلة كهربائية او طرف اصبعك تمرُّ الشرارات الى الكرة او الى اصبعك ومن ثم الى الارض وتشعر عند مرور كل شرارة بالهزة الكهربائية وتلك الشرارة شبيهة بلمعان البرق وهي بالحقيقة برق خفيف واذا ضربت صاعقةٌ احداً فذلك مرور جانب كبير من كهربائية الغيم بهِ واول من اثبت ذاتية البرق والكهربائية هو بنيامين فرانكلين الفيلسوف الاميركاني والفرق بينهما في الشدة فقط اذ يكون طول وميض البرق اميالاً وطول الشرارة قيراطًا او بعض القراريط

ثم عوضاً عن اصبعك او عن كرة مستديرة خذ بيدك شريطة معدنية مرأسة ومدها نحو آلة كهربائية مشتغلة فترى انك لا تحصل على شرارة ولا واحدة مهما شغلت الآلة وذلك لان الجسم المرأس يجذب الكهربائية بسرعة حالما تتهيج ولا سبيل لتجمعها فلا تكوّن شرارة وعلى هذا البناء تركب القضبان المعدنية المرأسة على الابنية لاجل توقيتها من بروق السماء اي من الصواعق ويقتضي ان تكون مرأسة من اعلاها وان تعلو البناء عدة اقدام وان تكون متصلة بالارض بواسطة قضبان او شرائط معدنية حتى اذا جذبت الكهربائية من الغيم تدريجاً يكون لها سبيل للانصراف الى الارض وان لم يكن طرف قضيب الصاعقة مرأساً يضرّ عوضاً عن النفع

(٩٢) تركيب الآلة الكهربائيّة

شكل ٥١



الآلة الكهربائية غرضها تهييج الكهربائية بالدلك وهي على هيئات شتى بين بسيطة ومشتبكة غير ان اجلّ اقسامها هي اسطوانة زجاجية مثل ا شكل ٥١ او قرص وتدار بسرعة بواسطة دولاب وركبة وراءها مدلكة من الجلد الناعم محشية شعراً

مكسية ملغمًا مركبًا من قصدير جزء واحد وزنك جزء واحد وز يبق ستة اجزاء وهذه المدلكة محصورة بوضعها على راس قضيب من الزجاج وعلى الجانب الآخر من الاسطوانة الزجاجية اسطوانة معدنية ب ذات اسنان مرأسة مثل اسنان المشط تتوجه نحو الاسطوانة الزجاجية وسُميت الموصل الاول . ثم اذا أُوصل بين الارض والمدلكة بشريط معدني وأُديرت الاسطوانة بسرعة تتهيج كهربائيتها الايجابية وتتهيج السلبية في المدلكة وهي تنصرف الى الارض على الشريط المعدني المشار اليه وتتفرق واما الايجابية على الزجاج فتجذبها اسنان المشط الى الموصل الاول وهو محصور بوضعه على قضيب زجاج حتى لا تفلت منهُ الكهربائية فتتجمع عليه الكهربائية الايجابية واذا ادنيت اصبعك منهُ تمرّ منهُ اليها شرارة وتشعر بالهزة الكهربائية . اي الكهربائية الايجابية في الموصل تحل كهربائية اصبعك وتجذب السلبية الى نفسها وتطرد الايجابية فتنصرف الى الارض من رجليك ثم يتحد النوعان بشرارة . ولو وجهت نحو الموصل الاول قضيبًا معدنيًّا مرأَّسًا لما ظهرت شرارة للسبب المذكور آنفًا

(٩٤) جرة ليدن او قنينة ليدن

هي منسوبة الى مدرسة ليدن الكلية في هولاندا اختُرعت سنة ١٧٤٥ وغرضها جمع مقدار وافر من الكهربائية وهي قنينة

مبطنة برق" القصدير مكسوة بهِ ايضاً الى نحو قيراط من اعلاها وفي وسط سدادتها قضيب نحاس ذو كرة كما في شكل ٥٣ والقضيب متصل ببطانة القنينة واذا قربت الكرة الى الموصل الاول من الآلة الكهربائية نتعبأ الكهربائية في القنينة واذا لمست خارجها بالكرة ا من شكل ٥٣ وكرة القنينة بالكرة الاخرى ب من شكل ٥٣ تمر" الهربائية من داخلها الى خارجها وتنصرف الى الارض ان لم تكن محصورة ومقبض المطلق (شكل ٥٣) محصور

شكل ٥٣

عند ت بقضيب زجاج واذا وضعت قرطاس على كرة القنينة ثم اطلقتها بالمطلق تثقب الشرارة القرطاس ومحيط الثقب ناتئ الى الجهتين كان" المادة مرت من الداخل الى الخارج ومن الخارج الى الداخل معًا

عند ما نتعبأ الكهربائية الايجابية داخل القنينة تحل كهربائية خارجها وتطرد الايجابية الى الارض

شكل ٥٢

وتبقى السلبية وكان النوعان يتحدان لولا الزجاج المانع ذلك الفاصل بينهما واذا تمسك عدة اشخاص يدًا بيد و يد الشخص في طرف واحد من الحلقة متصلة بخارج القنينة ثم لمس الشخص الذي في الطرف الآخر كرة القنينة المعبأة يشعر الجميع بالهزة الكهربائية . واذا اتصلت عدة من قنينات ليدن بواسطة سلسلة

معدنية مارة بين كراتها تصير كانها قنينة واحدة كبيرة وسُميت حينئذٍ بطارية كهربائية

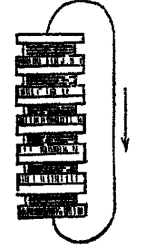
(٩٥) نشاط المواد المتكهربة

الامر ظاهر من هجوم نوعي الكهربائية احدهما على الآخر واحداثهما صوتًا وحرارة ان لها نشاطًا ولمعة الشرارة الكهربائية قد وجدها وّهيتستون تدوم $\frac{1}{٢٤٠٠٠}$ من الثانية وسرعة حركة الكهربائية ٢٨٨٠٠٠ ميل في الثانية اي هي اسرع من حركة النور وعند اطلاق جرة ليدن يتحول ذلك النشاط الذي نُسميهِ كهربائية الى نشاط آخر نُسميهِ نورًا وحرارة

وبما ان للكهربائية نشاطًا فلا بد من نشاط لتهييجها وعند ما تصرف نشاطك في ادارة الآلة الكهربائية ترى ان تهييج نشاط يقتضي لهُ نشاط اي انهُ غير ممكن في الطبيعة ان تحصل على نشاط فعال بدون صرف نشاط فعال وعندما يتحد نوعا الكهربائية لا يضيع نشاط بل يتحوَّل من هيئة الكهربائية الى هيئة النور والحرارة ولمعان البرق هو من قبل احتماء مواد الهواء الكروي الى درجة الاشتعال ولو استطعنا ان نحل ذلك اللمعان بواسطة السپكتروسكوب لعرفنا طبيعة تلك المواد المشتعلة الكيماوية التي مرت بها الكهربائية

(٩٦) الكهربائية المتحركة والمجاري الكهربائية

قد تقدم نمره ٩٣ انك اذا ادنيت موصلاً مرأساً من آلة كهربائية مشتغلة يجري منها اليهِ ومنهُ الى جسدك ومن جسدك الى الارض مجرى كهربائي يدوم ما دامت الآلة مشتغلة ولنا طريقة أُخرى افضل من الآلة الكهربائية لاجل الحصول على مجرى كهربائي دائم سُميت البطارية الڤلتائية نسبة الى ڤولتا وهو فيلسوف ايطاليانيّ .



شكل ٥٤

وضع اقراصاً من نحاس وزنك وجوخ مبلول بحامض على شكل عمود كما في شكل ٥٤ اي قرص نحاس ثم قرص زنك ثم جوخ مبلول فيجري مجري دائم من النحاس الى الزنك الى الجوخ ومن الزنك في اعلى العمود بواسطة شريط موصل الى النحاس في اسفلهِ ثم عوّض عن هذا العمود بعدة كؤوس غُمس في كل واحدة منها قطعة نحاس وقطعة زنك كما في شكل ٥٥ ثم اوصل بين الكؤوس ولك من ذلك بطارية كلڤانية نسبة الى كلڤاني معلم التشريح في مدرسة بولونيا سنة ١٧٨٦ لاحظ تهيج الكهربائية بواسطة معدنين قبل ڤولتا المشار اليهِ آنفاً

شكل ٥٥

(٩٧) بطارية كروف

منذ عصر ڤولتا الى الآن اختُرعت انواع شتى من البطاريات

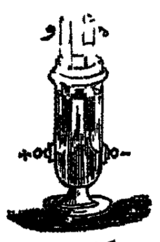
الكلفانية وإصحها الان بطارية كروف المذكور في نمره ٣٤ من الجزء الثاني صفحة ٢٣ وهي مرسومة في شكل ٥٦

شكل ٥٦

وتألفت من وعاء صيني اوزجاجي داخلهُ وعاء فخاري ذو مسامات ويُملأ الوعاء الخارجي حامضاً كبريتيكاً مخففاً كما ذُكر في الكيميا في المحل المشار اليهِ ويُغمس فيهِ زنك واما الوعاء الفخاري فيملأ حامضاً نيتريكاً ثقيلاً وتُغمس فيهِ قطعة رقيقة من البلاتين عوضاً عن النحاس في بطارية فولتا وتتوصل الكؤوس بعضها ببعض

ثم عند ماتتركب هذه البطارية وتوضع الحوامض في كؤوسها كما ذُكر يذوب الزنك في الحامض الكبريتيك المخفف ويتولد غاز الهيدروجين ولكنهُ لا يفلت على هيئة فقاقيع بل يتوجه الى الوعاء الذي فيهِ الحامض النيتريك وهناك يحل الحامض النيتريك ويأخذ من اكسجينهِ لنفسهِ فيتولد من تركيبهما ماء وهكذا يتحول الحامض النيتريك الى حامض نيتروس وهو يصعد على هيئة دخان اصفر برطقالي ولا يصل الهيدروجين الى البلاتين والمجرى الكهربائي الايجابي يمرّ في السيال من الزنك الى البلاتين

العملية الثانية والخمسون . اوصل قطبي بطرية كروف

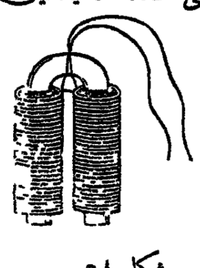

شكل ٥٧

بالانبوبتين الملاّنتين ماء كما في شكل ٥٧ فينحل الماء ويظهر الاكسجين عند القطب الايجابي اي في الانبوبة المتصلة ببلاتين البطارية والهيدروجين يتجمع في الانبوبة المتصلة بالقطب السلبي اي بالزنك وهذا من امثلة نشاط البطارية الكلفانية اي لها قوة على حل الماء ولها قوة على حل عدة مائعات مركبة غير الماء

(٩٨) وللمادة الكهربائية فعل آخر وهو ان تجعل قطعة حديد لين مغنيطاً

ان حجر المغنطيس الطبيعي يجذب الحديد والفولاذ الى نفسهِ والمادة الكهربائية تجعل قطعة حديد مغنيطاً ومن ذلك يظهر تعلق كلي بين المادة المغنطيسية والكهربائية كما يظهر من هذه العملية

العملية الثالثة والخمسون . لف على قطعة حديد لين شريط نحاس محصور بحرير كما في شكل ٥٨ و ٥٩ واوصل طرفي الشريط ببطارية كلفانية فترى ان الحديد صار مغنيطاً قوياً ويحمل بجاذبيتهِ المغنيطية ثقلاً عظيماً ولكنهُ يخسر هذه القوة حال


شكل ٥٨

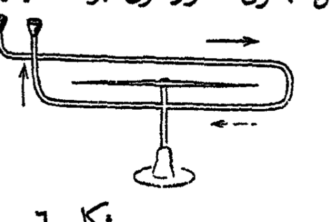
انفصالهِ عن البطارية اي هذه القوة
للحديد اللين ما دامت المادة
الكهربائية جارية حولهُ

العملية الرابعة والخمسون . علق
بالمغنيط المشار اليهِ قطعة فولاذ او
امرر بها المجرى الكهربائي من البطارية

شكل ٥٩

راساً فتكتسب القطعة قوة مغنطيسية ثابتة واذا علقتها من وسطها
بخيط دقيق يدور طرف منها نحو الشمال ابدًا دائمًا اذا تُرِكت
لنفسها اي صارت القطعة مثل ابرة الحك المغنطيسي

العملية الخامسة والخمسون . امرر فوق ابرة مغنطيسيةٍ
مجرى كهربائي كما في
شكل ٦٠ نرى الابرة
تحول عن وضعها
الاصلي حتى تصير
عمودية على المجرى اي



شكل ٦٠

تتوجه شرق غرب عوضاً عن شمال جنوب واذا قطعت المجرى
تعود الابرة الى حالها الاول وهذا العمل يصح وان كانت البطرية
بعيدة عن الابرة او قريبة اليها

(٩٩) التليكراف الكهربائي

بناءً على المبدا المشار اليهِ اي ان ابرة تتحرك بوصلها ببطارية

وفصلها عنها ولو كان بينها و بين البطارية الوف من الاميال
اختُرع التلكراف الكهربائي لارسال الاخبار تحت البحار اسے
بطارية في الجانب الواحد متصل بواسطة شريط نحاس محصور
بابرة في الجانب الآخر وحركات الابرة تدل على الاحرف الابجدية
حسب اتفاق سابق وتلك الاشارات تقوم مقام كتابة تلك الاحرف
ولا يسعنا المقام ذكر هذا الامر بالتفصيل فلمحنا الى مبادئهِ فقط

الخلاصة ان المجرى الكهربائي لهُ قوة على ان يحمي شريطًا
اذا مرَّ بهِ وان يحل الماء وغيرهُ من المركبات وان يجعل قطعة
حديد لين مغنيطًا وقتيًا وان يجعل قطعة فولاذ مغنيطًا مستمرًّا
وان يحرف الابرة المغنطيسية على اي بعدٍ كان

قد ذكرنا في هذا المختصر بعض الامور من جهة الهيولى
المحركة اي الاجسام المرتجة والاجسام الحامية والاجسام المتكهربة
وظهر مما ذُكر ان فعلاً او نشاطًا لا يضيع ولكنهُ قد ينتقل من
جسم الى جسم او تتغير هيئتهُ من حركة ظاهرة الى صوت او الى
حرارة او الى كهربائية و بالعكس ولكنهُ لا يفنى ولا يضيع وكما ان
دقيقة من الهيولى لا تفنى بل تتغير هيئاتها هكذا النشاط تتغير هيئتهُ
ولكنهُ لا يفنى . ولا يُحصل على فعلٍ الاَّ بفعلٍ ولا على قوةٍ الاَّ
ببذل قوةٍ ولا على نشاطٍ الاَّ بصرف نشاط فتأمل

تم الجزء الثالث

و يتلوهُ الجزء الرابع